МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА (УНУС)

Факультет агрономії
Кафедра агрохімії і ґрунтознавства

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ
«_____»_____2024 р.
Зав. кафедри, к. с.-г.н. доцент
_____Олена ЧЕРНО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ступеня вищої освіти магістр

ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРТІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ОСОБЛИВОСТЕЙ УДОБРЕННЯ В УМОВАХ НВВ УМАНСЬКОГО НУС

Виконав: студент ІІ курсу, групи 26 м-а
спеціальності 201 Агрономія
БИЧОК Дмитро Васильович

Керівник: РАССАДІНА Ірина, к.с.-г. н., доцент

Умань – 2024

ЗМІСТ

ВСТУП…… 4
РОЗДІЛ 1. ВРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ ЗЕРНА ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ (огляд літератури)……..... 7
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕННЬ……..... 14
2.2. Характеристика сортів ячменя ярого……..... 14
РОЗДІЛ 3. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ..... 16
3.1. Характеристика ґрунтових умов дослідного поля……. 16
3.2. Кліматичні умови 2023-2024 рр. та їх вплив на врожайність ячменю ярого……. 17
3.3. Схема досліду……..……... 20
3.4. Агротехніка вирощування ячменю ярого в досліді ……... 21
3.5. Методика проведення досліджень……..... 22
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ…….. 24
4.1. Вміст нітратного азоту в ґрунті..……..….. 24
4.2. Рухомий фосфор ……..……. 26
4.3. Вміст обмінного калію ……...……...……... 28
4.4. Аналіз урожайності ячменю ярого залежно від погодних умов, сортів і внесення добрив…….. 30
4.5. Вплив мінеральних добрив на динаміку білка в зерні ячменю ярого…… 32
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО…. 35
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ……...…… 38
6.1. Аналіз умов охорони праці та моделювання виробничих ризиків під час внесення мінеральних добрив в умовах Правобережного Лісостепу…….. 38
6.2. Охорона навколишнього середовища при застосуванні

мінеральних добрив…….. 40
ВИСНОВКИ……..... 42
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……. 44
ДОДАТКИ……. 51

ВСТУП

Актуальність роботи. Ячмінь ярий є однією з ключових зернофуражних культур в Україні, займаючи важливе місце в забезпеченні кормової бази для тваринництва. Його питома вага в зернофуражному балансі країни досягає 70 %. Це обумовлено високою якістю зерна, яке має добре збалансований амінокислотний склад білка, що робить його незамінним для використання в кормовиробництві. У складі зерна міститься 10–14 % білка, 50–60 % крохмалю, 5,5 % клітковини та 2,1 % жиру, що забезпечує високу енергетичну цінність.

Особливістю білка ячменю є наявність комплексу незамінних амінокислот, зокрема треоніну, валіну, метіоніну та лізину. Лізин, зокрема, має велике значення не лише для кормовиробництва, а й для пивоваріння, оскільки він ефективно використовується дріжджами в процесі бродіння, що сприяє отриманню високоякісного солоду. Завдяки цьому ячмінь ярий є основною сировиною для пивоварної промисловості, особливо в регіонах із сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами.

Правобережний Лісостеп, зокрема чорноземи опідзолені Уманського району, є одним із найкращих регіонів для вирощування ячменю пивоварного призначення. Висока якість зерна в цьому регіоні досягається завдяки унікальному поєднанню природних умов та оптимальних технологій вирощування. Чорноземи опідзолені мають достатню природну родючість, однак для досягнення максимального врожаю та покращення якості зерна необхідно застосовувати ефективні системи удобрення.

Ячмінь ярий є вимогливою культурою до умов вирощування, включаючи температуру, вологість і забезпеченість поживними речовинами. Зокрема, його продуктивність значною мірою залежить від раціонального застосування добрив. Використання азотних, фосфорних і калійних добрив у збалансованих кількостях сприяє підвищенню врожайності та поліпшенню

якісних показників зерна. Водночас надлишок азоту може негативно впливати на якість пивоварного зерна, знижуючи його придатність для переробки [1].

Недостатня вивченість впливу мінерального удобрення на продуктивність пивоварних сортів ячменю як вітчизняної, так і зарубіжної селекції, особливо в умовах чорноземів опідзолених, стала основою для цього дослідження. Актуальність проблеми обумовлена необхідністю розробки ефективних технологій вирощування, які дозволяють максимально реалізувати генетичний потенціал сучасних сортів, зберігаючи якісні показники зерна для пивоварних цілей.

Мета досліджень – дослідити продуктивність сортів ячменю ярого залежно від рівня та особливостей удобрення в умовах НВВ Уманського НУС.

У ході виконання дослідження поставлено та вирішено такі *завдання:*

– оцінити врожайність та якість зерна сортів ячменю ярого Авгур, Модерн, Целінка залежно від норм і співвідношень мінеральних добрив;

– встановити закономірності поглинання поживних речовин рослинами ячменю із ґрунту та мінеральних добрив у специфічних умовах чорноземів опідзолених Уманського району;

– провести економічну оцінку ефективності технологій вирощування сортів ячменю ярого за різних рівнів мінерального удобрення.

Наукова новизна. Новизна дослідження полягає в тому, що вперше для умов чорноземів опідзолених НВВ Уманського НУС встановлено оптимальні норми мінеральних добрив для вирощування сортів ячменю ярого Авгур, Модерн, Целінка. У дослідженні проаналізовано їхній вплив на показники врожайності, якісні характеристики зерна та економічну доцільність запропонованих технологій.

Апробація результатів. Основні результати досліджень було представлено на засіданні студентського наукового гуртка кафедри агрохімії та ґрунтознавства Уманського НУС. Матеріали досліджень опубліковано у

збірнику тез Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні питання агротехнологій», присвяченої 150-річчю з дня народження академіка О. І. Душечкіна.

РОЗДІЛ 1
ВРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ ЗЕРНА ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ (огляд літератури)

Ячмінь ярий (Hordeum vulgare L.) – є однією з найпоширеніших зернових культур у світі, загалом, і в Україні, зокрема. Посівні площі ячменю, за даними ФАО, у світовому землеробстві становлять біля 80 млн га, що займає четверте місце серед хлібних злаків після пшениці, рису та кукурудзи. Найбільш поширений він у США, Канаді, Індії, Туреччині, Франції [2–4]. Валовий збір зерна ячменю становить близько 160 млн т на рік, а частка України у світовому виробництві ячменю дорівнює 8 % [5, 6].

Ярий ячмінь відіграє також важливу роль у зерновому балансі України, так як він є культурою багатоцільового призначення: ячмінь ярий – важлива продовольча, кормова та технічна культура, що займає друге місце у вітчизняній структурі виробництва зерна. Зерно ячменю незамінне як сировина для пивоварної промисловості та кормовиробництва. За обсягом 40 використання ячменю в народному господарстві він є, перш за все, однією з цінних зернофуражних культур, яка є більш дешевою по витратам на вирощування порівняно з пшеницею та кукурудзою, але витратною по затратам на зберігання та реалізацію [7].

Україна має достатньо великий потенціал у виробництві та експорті цієї культури, який потребує постійного вивчення. За обсягами виробництва та експортування ячменю Україна входить до п’ятірки найпотужніших світових виробників цієї культури разом з Росією, Німеччиною, Канадою та Францією. Основними регіонами вирощування ячменю в Україні є центральні, східні та південні області. В останні роки найбільше його збирають в господарствах Дніпропетровської, Запорізької, Одеської,

Херсонської, Миколаївської, Полтавської та Харківської областей [8]. У Лісостепу близько 10 % посівних площ займає ячмінь ярий [9].

Ефективність застосування добрив визначається сукупністю факторів, зокрема ґрунтово-кліматичними умовами, родючістю ґрунтів, біологічними та сортовими особливостями культури, а також технологією й якістю внесення добрив [10].

Сортові особливості ячменю ярого зумовлюють його високу чутливість до змін у системі живлення на різних етапах органогенезу. Це значно впливає на здатність рослин формувати врожай навіть за несприятливих ґрунтово-кліматичних умов [11].

Для формування 1 т зерна та відповідної маси побічної продукції ячмінь ярий у середньому засвоює 23–30 кг азоту, 10–15 кг фосфору та 20–25 кг калію. Основна частина поживних речовин засвоюється рослинами до фази кущення. Через слабко розвинену кореневу систему ячмінь характеризується інтенсивним споживанням елементів живлення, особливо на початкових етапах росту. Найвища інтенсивність засвоєння поживних речовин припадає на період 15–30 днів вегетації, яка триває загалом 90–100 днів [12].

Ячмінь ярий – культура, стійка до посухи. Особливо важливим для її розвитку є період від виходу в трубку до колосіння, коли активно розвиваються генеративні органи й стебла. Внесення добрив у цей період зменшує витрати води на формування врожаю на 20–30 % [13]. Основною умовою для інтенсивного росту та розвитку культури є забезпечення рослин легкозасвоюваними поживними елементами.

Азот займає провідне місце в системі мінерального живлення ячменю ярого, оскільки забезпечує формування вегетативної маси та бере участь у білковому обміні. Фосфор сприяє розвитку кореневої системи, а його дефіцит на початкових етапах росту призводить до втрат урожаю, навіть якщо пізніше забезпечується достатнє фосфорне живлення. Калій має важливе значення для фізіологічних і біохімічних процесів: він підвищує пружність

тканин, стійкість до вилягання, прискорює налив зерна, а також регулює водний і азотний обмін у рослинах [14].

Недостатній вміст мікроелементів у ґрунті є ключовим обмежуючим фактором для отримання стабільно високих урожаїв. Ячмінь ярий, як і більшість зернових культур, особливо чутливий до дефіциту магнію, міді, марганцю, молібдену та цинку. Їх нестача призводить до порушень обміну речовин, зокрема вуглеводного та азотного, синтезу білків, а також до зниження стійкості рослин до екстремальних температур та хвороб [15].

Органічні та мінеральні добрива мають вирішальне значення для сільського господарства. За даними О. М. Іваненка [16], застосування добрив забезпечує до 30% приросту врожайності, тоді як удосконалення сівозмін — 20%, а використання продуктивних сортів — 15%.

Ефективність добрив значною мірою залежить від вихідного рівня забезпеченості ґрунту мінеральними елементами. На природно родючих ґрунтах добрива є основним чинником підвищення врожайності [17]. Проте із зростанням вмісту елементів у ґрунті їх ефективність знижується, а на високо родючих ґрунтах застосування добрив може не дати бажаного результату [18]. Наприклад, на звичайному чорноземі встановлено, що з підвищенням вмісту рухомого фосфору ефективність фосфорних добрив помітно зменшується [19].

Ґрунтово-кліматичні умови значно впливають на дієвість мінеральних добрив. У Правобережному Лісостепу основну роль у підвищенні врожайності зернових відіграють азотні добрива, а найвищі прирости врожаю отримано на дерново-підзолистих ґрунтах [20].

Дослідження географічної мережі дослідів з добривами в районах із достатнім зволоженням показали, що оптимальною дозою фосфорних добрив для зернових є P_{60} [21].

На чорноземних ґрунтах ефективність добрив значною мірою залежить від кліматичних умов. У періоди посухи або надмірного зволоження надлишок азоту може знижувати врожай і його якість, тоді як фосфор

позитивно впливає на ці показники. У міру зменшення зволоженості на типових і звичайних чорноземах зростає роль фосфору, тоді як дія азоту слабшає, а калій майже не впливає. У степовій зоні на південних карбонатних чорноземах фосфор залишається єдиним дієвим елементом, а внесення азотних і калійних добрив нерідко дає негативний результат [22].

Ячмінь вирізняється високими вимогами до родючості ґрунту, тому внесення добрив є обов'язковою умовою для отримання високих урожаїв [23, 24]. Багато дослідників вважають, що ярий ячмінь є більш чутливим до мінеральних добрив порівняно з іншими зерновими культурами [25, 26].

Культура позитивно реагує як на пряму дію добрив, так і на їх післядію. Зокрема, на вилужених чорноземах післядія фосфорних і калійних добрив, внесених під цукровий буряк, забезпечувала приріст врожайності ячменю на 1,0–3,9 ц/га [25, 26]. На чорноземах Правобережного Лісостепу чуйність ячменю до післядії добрив, внесених під попередні культури, підтверджується численними дослідженнями [27–29].

Пряма дія мінеральних добрив на врожай ячменю проявляється на всіх типах чорноземів, за винятком років із надмірною посухою або зволоженням. Наприклад, на чорноземах Черкаської області найвагоміший вплив на врожайність ячменю мали фосфорні добрива. Для досягнення врожайності 30–35 ц/га рекомендовано вносити $N_{40}P_{80}K_{40}$ [30].

На типових чорноземах із високим вмістом фосфору й калію врожайність визначається, переважно, азотними добривами. У поєднанні з іншими елементами вони забезпечують приріст врожаю від 12 до 25 ц/га [31]. Для отримання ячменю з високими кормовими якостями та врожайністю 40 ц/га О. Р. Тучапський рекомендував застосовувати мінеральні добрива в дозі $N_{60}P_{30\text{-}60}K_{30\text{-}60}$ кг/га діючої речовини [32].

В умовах Черкаської області на типовому чорноземі застосування повного мінерального добрива забезпечувало приріст урожаю ячменю до 28,2 ц/га [33]. За внесення добрив у дозі $N_{60}P_{30}K_{60}$ прибавка врожаю складала 9,7 ц/га [34].

На вилужених чорноземах максимальна продуктивність ячменю досягалася при дозах добрив $N_{60-90}P_{60-90}K_{60-90}$ [35]. У південно-західній частині Лісостепу, на вилуженому чорноземі з середнім вмістом рухомого фосфору та високим обмінним калієм, оптимальними дозами азоту для пивоварного ячменю були 75–85 кг/га, а для кормового – 90 кг/га, на фоні післядії фосфорно-калійних добрив у дозах $P_{90-270}K_{90-270}$ [36].

На звичайних чорноземах південного сходу Лісостепу для пивоварного ячменю оптимальними визнані дози $N_{60}P_{60}K_{60}$, а для кормового – $N_{90}P_{60}K_{60}$ [37]. У тих самих умовах із зрошенням рекомендовані дози добрив підвищували врожайність зерна на 12,1–14,1 % [38].

Інтенсивне сільськогосподарське використання чорноземів спричинило погіршення їх агрохімічних властивостей, зокрема зниження вмісту обмінного кальцію і магнію. Це обумовило необхідність внесення кальційвмісних добрив, таких як карбонат кальцію, фосфогіпс, дефекат, крейда тощо. Ці речовини покращували фізико-хімічні властивості ґрунту та сприяли підвищенню врожайності польових культур [39].

На типовому чорноземі Черкаської області внесення кальційвмісних меліорантів без мінеральних добрив також позитивно впливало на продуктивність ячменю, зокрема найкращий результат дало застосування крейдяного відходу [40].

Добрива впливають не лише на величину врожаю, а й на його якість, змінюючи її як у позитивний, так і в негативний бік. Однією з актуальних задач агрохімії є навчитися керувати не тільки врожайністю, а й якістю продукції за допомогою добрив [41].

Якість зерна є одним із найважливіших аспектів у технології вирощування ячменю, оскільки від неї залежить не лише кормова, але й промислова цінність культури. Застосування мінеральних добрив, особливо азотних, позитивно впливає на якісний склад зерна. Зокрема, встановлено, що азотні добрива здатні підвищувати вміст протеїну в зерні на 1–2%, що еквівалентно приросту врожаю на 6–7 ц/га [42]. Це важливо для підвищення

продуктивності зернових культур та їх адаптації до умов інтенсивного землеробства.

Водночас азотні добрива позитивно впливають на кормову цінність зерна ячменю, збільшуючи вміст протеїну, жиру та золи, але мають негативний вплив на пивоварні якості. Внесення азотних добрив знижує частку крохмалю та екстрактивність, які є ключовими показниками для виробництва пива [43]. Так, дослідження показали, що підвищення доз азотних добрив від N_{30} до N_{60} підвищує вміст сирого білка в зерні з 8,89 % до 14,35 %. Однак при цьому спостерігалося зниження вмісту крохмалю з 61,3 % до 55,9 % і зменшення екстрактивності з 78,5 % до 75,6 % [44].

На вилужених чорноземах Лісостепу азотні добрива сприяють зростанню вмісту білка в зерні ячменю на 1,23–4,71 %, але водночас знижують екстрактивність на 0,8–3,3 % і вміст крохмалю. Натомість застосування фосфорно-калійних добрив на ці показники майже не впливає [45].

Внесення добрив також змінює білковий склад зерна. Азотні добрива сприяють збільшенню проламінових і глютелінових білків, але водночас зменшують частку амінокислотно цінних білків, що негативно позначається на біологічній цінності зерна [46]. Умови Лісостепу сприяють підвищенню вмісту сирого білка при застосуванні комплексних добрив (NPK), тоді як фосфорно-калійні добрива самостійно не мають суттєвого впливу на білковість зерна [47].

Таким чином, азотні добрива мають вирішальний вплив на якість зерна ячменю. Вони забезпечують підвищення білковості, що є важливим для кормового використання, але водночас знижують вміст крохмалю, що є небажаним для пивоваріння. Між білковістю та вмістом крохмалю спостерігається зворотна залежність: із зростанням вмісту білка крохмаль і екстрактивність зменшуються [48–50].

Для підвищення якості зерна та врожайності ярого ячменю ефективно застосовуються позакореневі підживлення мікроелементами на фоні

мінеральних добрив. Дослідження, проведені на темно-сірому опідзоленому ґрунті Західного Лісостепу, показали, що вміст лужногідролізованого азоту в ґрунті складав 99 мг/кг, що відповідає низькому рівню забезпеченості. Рухомі сполуки фосфору (88 мг/кг) і обмінні сполуки калію (103 мг/кг) характеризувалися як середній рівень, а кислотність ґрунту була близькою до нейтральної (pH_{KCl} – 6,5) [51].

На такому фоні позакореневе внесення мікродобрив разом із мінеральними добривами у нормі $N_{30}P_{30}K_{30}$ підвищило врожайність ячменю до 3,85 т/га, що перевищує результат контрольного варіанту без мікроелементів на 0,31 т/га. Збільшення дози мінеральних добрив до $N_{45}P_{45}K_{45}$ забезпечило врожайність 4,30 т/га, що також дало приріст у 0,24 т/га порівняно з варіантом без позакореневого підживлення [52].

РОЗДІЛ 2
ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Характеристика сортів ячменя ярого

Характеристика сорту Авгур. Сорт пивоварний, інтенсивного типу з високою екологічною пластичністю. Оригінатор – Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. Внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні в 2017 році. Рекомендовані зони вирощування – Степ, Лісостеп і Полісся.

Різновид – нутанс (*nutans*). Група стиглості – середньостиглий. Низькорослий – 60 см. Продуктивна кущистість висока 2,8 стебла. Маса 1000 зерен 44-46 г. Натура зерна 700 г. Сорт має відмінні пивоварні властивості: екстрактивність – 83,1% (стандарт Xanadu – 81,0%); якість солоду – 8,5 (відмінна). Характеризується високою стійкістю до вилягання. Стійкість до сажкових хвороб, гельмінтоспоріозних плямистостей і борошнистої роси висока.

Потенційна врожайність 10,0 т/га. У Державному сортовипробуванні урожайність сорту Авгур досягала 7,30 т/га (Тернопільський Держекспертцентр, 2016 р.) та 6,87 т/га (Вінницький Держекспертцентр, 2015 р.). Агротехніка звичайна для зони вирощування, строки сівби ранні.

Характеристика сорту Модерн. Сорт зерновий безостий, посухостійкий напівінтенсивного типу. Оригінатор – Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. Внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні в 2011 році. Рекомендована зона вирощування – Степ.

Різновид – інерме (inerme). Группа стиглості – середньостиглий. Висота рослин 80 см. Маса 1000 зерен 45-47 г. Вміст білка 12,0-13,0%. Замість остюків на зовнішній квітковій лусці наявні вирости у формі зубців.

Колос двохрядний, має сильний восковий наліт. Дуже стійкий до посухи, є джерелом групової стійкості до ураження збудниками летючої і кам'яної сажки. Потенційна врожайність 8,0 т/га. У виробничих умовах урожайність сорту досягала 5,62 т/га (Кіровоградська ДСГДС, 2015 р.) та 5,87 т/га (ДПДГ Саливонківське, Київська обл., 2015 р.). Агротехніка звичайна для зони вирощування, строки сівби ранні.

Характеристика сорту Целінка. Селекція та походження: Сорт французької селекції, розроблений компанією Florimond Desprez. Внесений до Державного реєстру сортів України у 2022 році, придатний для вирощування у всіх агрокліматичних зонах.

Рекомендовані зони вирощування: Степ, Лісостеп, Полісся. Різновид: Nutans (нутанс). Середньостиглий.

Морфологічні особливості: Низькорослий сорт – 60–65 см висотою. Відзначається хорошою продуктивною кущистістю – до 2,7 стебла на рослину. Маса 1000 зерен – 42-45 г. Натура зерна – 700-720 г/л.

Якісні показники зерна: Екстрактивність зерна – 82,5–83,2%, що перевищує багато стандартних сортів. Вміст білка – низький, що забезпечує високу якість пивоварного солоду. Якість солоду – оцінюється як відмінна (8,5 балів за стандартною шкалою). Стійкість до захворювань та факторів середовища: Висока стійкість до вилягання. Стійкий до сажкових хвороб, плямистостей, гельмінтоспоріозу та борошнистої роси. Термостійкість і здатність зберігати високу якість зерна навіть за посушливих умов.

Потенційна врожайність: У сортовипробуванні демонстрував врожайність до 7,5–8,0 т/га залежно від умов вирощування. В оптимальних умовах можливий урожай до 10,0 т/га.

Агротехніка: Рекомендовано ранні строки сівби. Потребує звичайної агротехніки для пивоварних сортів ячменю в зонах рекомендованого вирощування.

РОЗДІЛ 3
УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Характеристика ґрунтових умов дослідного поля

Дослідження проводилися в 2023–2024 роках на дослідному полі навчально-науково-виробничого відділу Уманського національного університету садівництва.

Ґрунт дослідного поля — чорнозем опідзолений важкосуглинковий, сформований на лесі. Він займає проміжне місце між темно-сірими лісовими ґрунтами та типовими чорноземами. Профіль чорнозему опідзоленого характеризується наступною будовою:

- *Гумусово-елювіальний горизонт (0–30 см):* насичений гумусом (3,2–3,3 %), гранулометрично важкий.
- *Перехідний горизонт (30–60 см):* гумусність поступово зменшується, відмічається накопичення мулистих часток.
- *Ілювіальний горизонт (60–110 см):* низька гумусність, значне вилуження, вміст карбонатів незначний.
- *Материнська порода (глибше 110 см):* лісова, слабкогумусована, із домінуванням важких фракцій.

Ґрунт відзначається середньокислою реакцією ґрунтового розчину (pH 5,5), високим ступенем насиченості основами (90–93 %) і наявністю 100–115 мг/кг рухомих сполук фосфору і калію та 100–110 мг/кг лужногідролізованого азоту. Вилуження карбонатів, глибоке промивання поживних речовин і періодичний промивний режим сприяють перерозподілу елементів у профілі, що може впливати на родючість ґрунту.

Отже, ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений чорноземом опідзоленим, який при правильній агротехніці вирощування є цілком придатним для високих врожаїв більшості сільськогосподарських культур, в

тому числі і сортів ячменю ярого.

3.2. Кліматичні умови 2023-2024 рр. та їх вплив на врожайність ячменю ярого

Дані про температурний режим і кількість опадів отримані за результатами спостережень метеостанції в м. Умань.

Кліматичні умови та характеристики ґрунту є ключовими факторами, що визначають успішність вирощування ячменю ярого, оскільки ця культура чутливо реагує на рівень вологи та температурний режим. Високі врожаї можливі лише за умови врахування біологічних особливостей культури, впливу зовнішніх чинників і оптимального забезпечення живлення.

Упродовж 2023–2024 років було проведено дослідження з метою оцінки ефективності застосування мінеральних добрив для підвищення врожайності ячменю ярого. За результатами спостережень, погодні умови двох років мали суттєві відмінності, що впливало на продуктивність культури.

У 2023 році рівень опадів був нерівномірним. У травні спостерігалася значна кількість опадів (89,6 мм), що створило сприятливі умови для проростання насіння та початкового розвитку ячменю. У червні опади зменшилися до 52 мм, але все ще залишалися достатніми для активного росту культури.

Проте в липні, коли ячмінь входить у фазу формування зерна, кількість опадів різко скоротилася до 15,8 мм, що створило ризик вологозалежного стресу. У серпні дефіцит вологи тривав (17,9 мм), що могло негативно вплинути на налив зерна. У вересні й жовтні, під час завершення вегетаційного періоду, рівень опадів залишався критично низьким (12,1 мм і 6,7 мм відповідно).

Температурний режим у 2023 році був сприятливим. У червні середня температура становила 21,2°C, а в липні – 24,3°C, що відповідало оптимуму

для росту ячменю ярого. У серпні температура знижувалася до 19,7°С, сприяючи завершенню формування зерна, а у вересні та жовтні поступове похолодання (19,7°С і 10,8°С) відповідало періоду дозрівання і збирання врожаю (рис. 2.1).

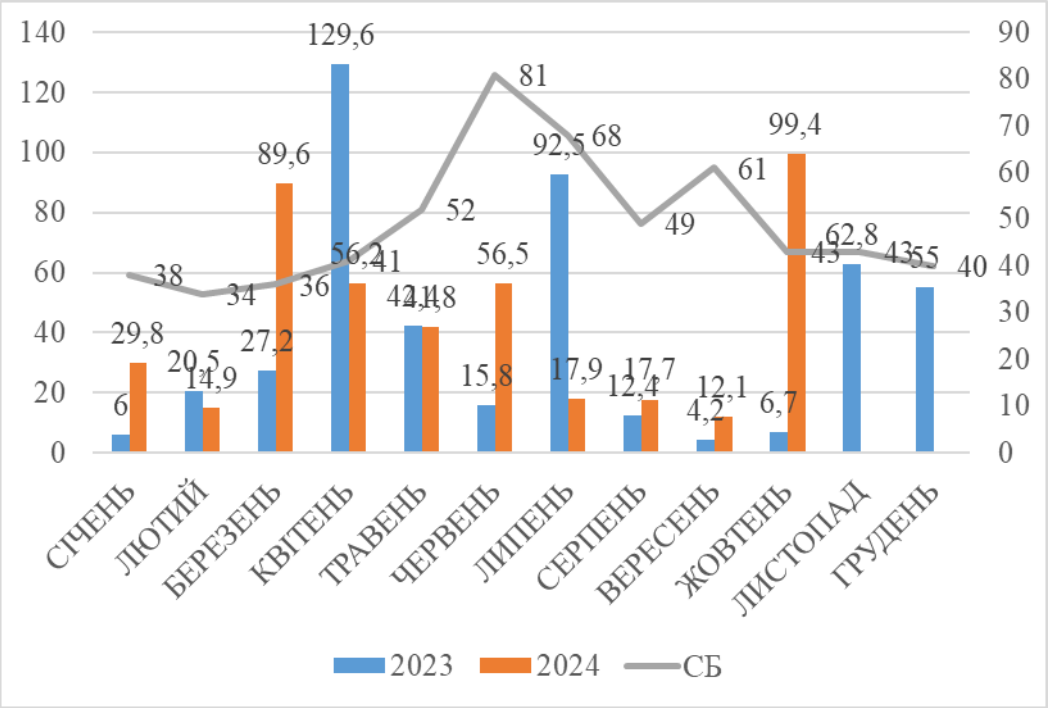


Рис. 2. 1. Кількість опадів у роки проведення досліджень, мм

У 2024 році погодні умови були сприятливішими для вирощування ячменю. У квітні, коли відбувається сівба культури, рівень опадів становив 36 мм, що забезпечувало необхідну вологу для проростання насіння. У травні опади значно зросли (129,6 мм), створюючи оптимальні умови для активного росту ячменю. У червні (56,5 мм) і липні (68 мм) рівень опадів залишався достатнім для нормального розвитку рослин.

У серпні, як і в попередньому році, кількість опадів зменшилася до 17,7 мм, що могло вплинути на формування зерна. Проте у вересні умови були більш критичними, оскільки опадів випало лише 4,2 мм. У жовтні рівень опадів знову підвищився до 61 мм, що створило сприятливі умови для завершення вегетації культури.

Температурний режим у 2024 році був схожим на попередній рік. У червні середня температура становила 19,6°С, у липні – 22,3°С, а в серпні

температура сягнула 23,1°С, що є оптимальним для ячменю в цей період. У вересні (18,2°С) та жовтні (9,6°С) температура поступово знижувалася, відповідно до потреб культури на стадії дозрівання (рис. 2.2).



Рис. 2.2 Температура повітря в роки проведення досліджень, °С

Кліматичні умови 2024 року були більш сприятливими для вирощування ячменю ярого завдяки рівномірному розподілу опадів у критичні місяці (травень і червень), що забезпечило рослинам достатню кількість вологи в період активного росту. У 2023 році дефіцит опадів у липні та серпні створив ризик зниження врожайності через вологозалежний стрес.

Температурний режим в обидва роки був близьким до оптимальних умов для ячменю ярого, що сприяло належному розвитку культури. Застосування мінеральних добрив за таких погодних умов дозволяло компенсувати нестачу вологи та підвищувати врожайність, особливо у посушливі роки.

3.3. Схема досліду

У досліді вивчали дію та взаємодію двох факторів: А – доза добрив, В – сорт (Авгур, Модерн, Целінка) (табл. 1).

Таблиця 2

Схема досліду:

Варіант досліду	Сорт
Без добрив (контроль)	*Авгур*
	Модерн
	Целінка
$N_{30}P_{30}K_{30}$	*Авгур*
	Модерн
	Целінка
$N_{60}P_{60}K_{60}$	*Авгур*
	Модерн
	Целінка
$N_{90}P_{90}K_{90}$	*Авгур*
	Модерн
	Целінка

Дослід із вивчення впливу доз добрив і сортів ячменю ярого на врожайність був закладений методом розщеплених ділянок. Дослідні ділянки були розділені на дві групи:

1. Ділянки першого порядку – варіювалися за дозами внесення добрив.

2. Ділянки другого порядку – закладені для вивчення сортових особливостей ячменю.

- Розмір ділянки першого порядку (дози добрив): 30 м × 6 м = 180 м².
- Розмір ділянки другого порядку (сорти ячменю): 30 м × 2 м = 60 м².
- Розмір облікової ділянки: 30 м × 1,65 м = 49,5 м².

Дослід був закладений із триразовою повторністю. Розміщення ділянок проводилось систематично, для зручності обліку і мінімізації впливу зовнішніх чинників.

Для забезпечення рослин ячменю основними елементами живлення використовувалась азофоска, комплексне добриво з вмістом азоту, фосфору та калію у співвідношенні NPK 16:16:16. Азофоска вносилася у визначених дозах, які відповідали схемі досліду, що дозволило оцінити ефективність її застосування залежно від сорту і ґрунтово-кліматичних умов.

3.4. Агротехніка вирощування ячменю ярого в досліді

Агротехніка вирощування ячменю ярого включала комплекс заходів, спрямованих на оптимізацію умов для росту і розвитку культури. Попередником для ячменю ярого була озима пшениця. Після її збирання проведено лущення стерні, що сприяло руйнуванню пожнивних решток і частковому очищенню поля від бур'янів. Восени виконано оранку на глибину 22–25 см за допомогою плуга ПЛН–5–35. Під час оранки вносили азофоску (NPK 16:16:16), яка забезпечила основу для мінерального живлення культури.

Для збереження вологи і вирівнювання ґрунту ранньою весною було проведено боронування боронами БЗТС–1,0. Передпосівна культивація здійснювалася на глибину 4–5 см культиваторами КПС–4 в агрегаті з боронами БЗТС–1,0, що сприяло створенню оптимального стану ґрунту для сівби. Сівбу проводили у першій декаді квітня широкорядним способом із шириною міжрядь 45 см. Норма висіву становила 0,9 млн схожих насінин на 1 га, глибина загортання насіння – 5 см. Після сівби виконували коткування, що покращувало контакт насіння з ґрунтом і забезпечувало рівномірне проростання.

Урожай збирали методом прямого комбайнування в період повної стиглості зерна, що дозволило мінімізувати втрати і забезпечити високу

якість зібраного врожаю. Такий підхід до агротехніки сприяв ефективному вирощуванню ячменю ярого, навіть за умов змінного клімату.

3.5. Методика проведення досліджень

Для досягнення поставлених завдань у дослідженні вирощування ячменю ярого виконували комплексні обліки, спостереження та аналізи, що дозволяли оцінити ефективність технології та продуктивність культури. Фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин проводили відповідно до методичних рекомендацій, викладених у «Методиці Державного сортовипробування сільськогосподарських культур».

Початок кожної фази розвитку культури фіксували, коли її досягали 10 % рослин на дослідній ділянці, а повне настання фази визначали за появи її у 75 % рослин.

Оцінка структури врожаю включала визначення кількості рослин на одиниці площі, аналіз загального та продуктивного стеблостою, показників загальної та продуктивної кущистості, висоти рослин, а також характеристик колоса. Для детального аналізу колоса враховували його довжину, масу зерна, а також кількість зерен у колосі.

Облік врожаю проводили методом суцільного обмолоту з кожної дослідної ділянки. Отримані дані перераховували до 100 % чистоти зерна та стандартної вологості 14 %.

Масу 1000 насінин визначали за допомогою відбору двох проб по 500 насінин, які зважували на електронних вагах відповідно до вимог ДСТУ 4138-2002. Натурну масу зерна і плівчастість оцінювали за стандартами ДСТУ 2422-94.

Економічну ефективність застосованих технологій вирощування розраховували з використанням технологічних карт і методичних рекомендацій, що стосуються економічної оцінки вирощування сільськогосподарських культур за інтенсивними технологіями. Всі проведені

спостереження та обліки дозволили не лише оцінити продуктивність сортів ячменю ярого, а й виявити найбільш рентабельні підходи до вирощування цієї культури.

РОЗДІЛ 4
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Вирішальним фактором, що визначає врожайність сільськогосподарських культур за умов достатнього зволоження, є забезпечення рослин елементами мінерального живлення. Регулювання поживного режиму ґрунту здійснюється двома основними шляхами. Перший полягає у підвищенні його біологічної активності шляхом створення сприятливих умов для життєдіяльності мікроорганізмів, що включає поліпшення фізичних властивостей ґрунту та поповнення його органічною речовиною. Другий спосіб — це внесення в ґрунт елементів мінерального живлення у формі органічних добрив, макро- та мікродобрив, а також меліорантів.

Основними макроелементами, необхідними для оптимального росту і розвитку рослин, є азот, фосфор, калій, кальцій і магній. Їхній вміст у тканинах рослин варіюється від часток відсотка до кількох відсотків ваги сухої маси. Водночас мікроелементи, такі як цинк, мідь, нікель, кадмій і свинець, хоча й потрібні в незначних кількостях, відіграють важливу роль у метаболічних процесах рослин і ґрунтової мікрофлори. Комплексне забезпечення рослин основними макро- та мікроелементами створює оптимальні умови для їхнього росту та розвитку, а також сприяє підвищенню врожайності й поліпшенню якості сільськогосподарської продукції. [53].

4.1. Поживний режим ґрунту

Азот є ключовим елементом мінерального живлення рослин, який значною мірою визначає їхній ріст і розвиток. Поповнення ґрунтового азоту забезпечується переважно внесенням органічних і мінеральних добрив, тоді як незначна частина фіксується з повітря завдяки діяльності бульбочкових

бактерій бобових культур.

Дослідження вмісту нітратного азоту в шарі ґрунту 0–30 см протягом вегетаційного періоду ячменю ярого у 2023–2024 роках показало чітку залежність азотного режиму від дози мінеральних добрив. У фазі сходів внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ сприяло підвищенню вмісту нітратного азоту в ґрунті в середньому по сортах на 15,1 % (на 3,1 мг/кг ґрунту) у порівнянні з контрольним варіантом. При внесенні $N_{90}P_{90}K_{90}$ вміст азоту зріс на 60 % (на 12,3 мг/кг ґрунту). На неудобреному варіанті середній рівень нітратного азоту в ґрунті становив 21,2 мг/кг для різних сортів, тоді як внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ збільшувало цей показник до 33,6 мг/кг (табл. 2).

Таблиця 2

Динаміка нітратного азоту у шарі ґрунту 0–30см у вегетаційний період ячменю (2023–2024 рр.), мг/кг ґрунту

Доза добрив (фактор А)	Сорт (фактор Б)	Фенологічні фази розвитку ячменю ярого		
		сходи	колосіння	період дозрівання
Без добрив контроль	Авгур	21,0	13,5	18,8
	Модерн	22,5	14,0	18,2
	Целінка	20,2	13,3	17,8
$N_{30}P_{30}K_{30}$	Авгур	23,5	15,0	19,5
	Модерн	27,0	14,8	20,8
	Целінка	22,8	16,0	19,3
$N_{60}P_{60}K_{60}$	Авгур	24,0	16,8	21,2
	Модерн	33,5	16,2	22,4
	Целінка	30,5	16,6	24,8
$N_{90}P_{90}K_{90}$	Авгур	31,2	18,5	22,5
	Модерн	32,4	18,3	23,1
	Целінка	37,1	18,0	23,4
$НІР_{0,5}$		*1,34*	*0,80*	*1,04*

У фазі колосіння вміст нітратного азоту також достовірно зростав при внесенні добрив. Наприклад, у середньому по сортах доза $N_{90}P_{90}K_{90}$ забезпечувала рівень нітратного азоту 18,0 мг/кг, що перевищувало контрольний показник (13,6 мг/кг) і перевищувало $HIP_{0,5}$ (4,4 мг/кг). Внесення добрив у дозах NPK по 30 і NPK по 60 також демонструвало тенденцію до поліпшення азотного режиму, хоча приріст умісту азоту був менш вираженим. Відмінності між сортами ячменю були несуттєвими та не перевищували похибки досліду ($HIP_{0,5}$ = 1,04 мг/кг).

Під час дозрівання ячменю внесення мінеральних добрив також суттєво впливало на азотний режим ґрунту. У порівнянні з неудобреним варіантом унесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ підвищувало вміст нітратного азоту на 10,2 %, а $N_{60}P_{60}K_{60}$ і $N_{90}P_{90}K_{90}$ – на 25,6 %. У середньому по сортах вміст нітратного азоту в шарі ґрунту 0–30 см коливався від 19,5 до 23,4 мг/кг залежно від дози добрив, при цьому різниця між сортами була незначною і не перевищувала похибки досліду.

Отже, внесення мінеральних добрив у дозах $N_{60}P_{60}K_{60}$ і $N_{90}P_{90}K_{90}$ істотно поліпшувало азотний режим ґрунту протягом усього вегетаційного періоду ячменю ярого, створюючи сприятливі умови для росту і розвитку культури.

4.2. Рухомий фосфор

Поповнення запасів рухомого фосфору в ґрунті здійснюється переважно через внесення добрив (органічних, мінеральних або меліорантів). Невелика кількість цього елемента може вивільнятися з недоступних фосфатів під дією ферменту фосфатази. Завдяки здатності добре закріплюватися в ґрунтовому поглинаючому комплексі, рухомий фосфор є більш стабільним порівняно з азотом.

У фазі сходів ячменю внесення мінеральних добрив у дозах P_{30}, P_{60} і P_{90} позитивно впливало на вміст рухомого фосфору в шарі ґрунту 0–30 см.

Наприклад, при дозі Р90 цей показник достовірно зростав на 27 мг/кг у порівнянні з контрольним варіантом без добрив ($HIP_{0,5}$ = 6 мг/кг). Залежно від сорту та рівня добрив, вміст рухомого фосфору у цей період варіювався від 85 до 123 мг/кг. Найвищі значення зафіксовані для сорту Целінка при внесенні $N_{90}P_{90}K_{90}$ — 123 мг/кг (табл. 3).

Таблиця 3

Динаміка рухомого фосфору у шарі ґрунту 0–30см у вегетаційний період ячменю (2023–2024 рр.), мг/кг ґрунту

Доза добрив (фактор А)	Сорт (фактор Б)	Фенологічні фази розвитку ячменю ярого		
		сходи	колосіння	період дозрівання
Без добрив контроль	Авгур	88	121	129
	Модерн	90	125	132
	Целінка	85	125	143
$N_{30}P_{30}K_{30}$	Авгур	95	128	151
	Модерн	94	137	155
	Целінка	92	134	170
$N_{60}P_{60}K_{60}$	Авгур	100	144	180
	Модерн	102	151	185
	Целінка	105	161	202
$N_{90}P_{90}K_{90}$	Авгур	110	186	263
	Модерн	122	173	231
	Целінка	123	180	241
$HIP_{0,5}$		*6*	*8*	*10*

У період колосіння підвищення вмісту рухомого фосфору проявлялося ще сильніше. Доза P_{30} збільшувала його кількість на 7 мг/кг (5,5 %), P_{60} — на 23 мг/кг (19 %), а P_{90} — на 65 мг/кг (55 %) у порівнянні з контрольним варіантом. Наприклад, для сорту Авгур при внесенні $N_{60}P_{60}K_{60}$ вміст рухомого фосфору сягав 144 мг/кг, а при $N_{90}P_{90}K_{90}$ — 186 мг/кг. Найменша

істотна різниця при цьому становила 8 мг/кг ($HIP_{0,5}$).

На етапі дозрівання ячменю дія фосфорних добрив залишалася відчутною, хоча показники стабілізувалися. У неудобрених ділянках кількість рухомого фосфору варіювалася в межах 129–143 мг/кг залежно від сорту. На удобрених варіантах рівень зростав значно: максимальне значення у 263 мг/кг зафіксовано для сорту Авгур при дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$. Загалом, у порівнянні з неудобреними варіантами, внесення P_{30} забезпечило збільшення на 22 мг/кг (16 %), P_{60} — на 51 мг/кг (39 %), а P_{90} — на 134 мг/кг (102 %). Найменша істотна різниця становила 10 мг/кг ($HIP_{0,95}$).

Таким чином, використання P_{30} призводило до помірного зростання рівня рухомого фосфору, тоді як дози P_{60} і P_{90} забезпечували істотне підвищення. Різниця між варіантами була статистично достовірною, а всі досліджені сорти ячменю позитивно реагували на внесення фосфорних добрив, демонструючи подібну тенденцію до накопичення фосфору в ґрунті.

4.3. Вміст обмінного калію

Калій відіграє ключову роль у життєдіяльності рослин: його дефіцит уповільнює синтез білків, порушує процес фотосинтезу та знижує здатність рослин утримувати вологу, що погіршує їхню стійкість до посухи. Найбільша кількість калію зосереджена у чорноземах, де він є складовою частиною мінералів у глинистих частинках, і загальний його вміст у таких ґрунтах досягає 2–3 %. У ґрунті калій представлений у необмінній і обмінній формах, з яких основне значення для живлення рослин має саме обмінний калій. Його кількість у ґрунті може поповнюватися як через перехід із необмінної форми, так і за рахунок внесення добрив.

Внесення калійних добрив суттєво впливало на вміст обмінного калію у шарі ґрунту 0–30 см під час вегетації ячменю. У період сходів при застосуванні добрив у дозах K_{30}, K_{60} і K_{90} відмічено підвищення вмісту калію порівняно з неудобреним варіантом. Наприклад, у середньому по сортах,

доза К30 збільшила вміст обмінного калію на 12,4 мг/кг ґрунту (12,4 %), $К_{60}$ — на 21 мг/кг ґрунту (13,7 %), а $К_{90}$ — на 50 мг/кг ґрунту (32 %). Максимальні значення обмінного калію у фазі сходів спостерігалися у сорту Целінка при внесенні $К_{90}$ — 219 мг/кг ґрунту, тоді як у неудобреному ґрунті цей показник коливався від 152 до 160 мг/кг залежно від сорту ($НІР_{0,5}$ = 10 мг/кг) (табл. 4).

Таблиця 4

Динаміка обмінного калію у шарі ґрунту 0–30см у вегетаційний період ячменю (2023–2024 рр.), мг/кг ґрунту

Доза добрив (фактор А)	Сорт (фактор Б)	Фенологічні фази розвитку ячменю ярого		
		сходи	колосіння	період дозрівання
Без добрив контроль	Авгур	152	108	122
	Модерн	160	128	132
	Целінка	156	118	129
$N_{30}P_{30}K_{30}$	Авгур	178	133	170
	Модерн	172	145	174
	Целінка	179	139	181
$N_{60}P_{60}K_{60}$	Авгур	180	164	172
	Модерн	179	162	190
	Целінка	178	190	213
$N_{90}P_{90}K_{90}$	Авгур	202	200	190
	Модерн	213	199	192
	Целінка	219	206	177
$НІР_{0,5}$		*10*	*9*	*9*

У період колосіння динаміка обмінного калію була ще більш вираженою. Внесення К30 підвищило його вміст у шарі ґрунту 0–30 см у середньому на 21 мг/кг ґрунту (18,4 %), К60 — на 47,4 мг/кг ґрунту (47,4 %), а К90 — на 84 мг/кг ґрунту (73,7 %). Найвищий рівень обмінного калію у

фазі колосіння був відзначений також у сорту Целінка при внесенні $К_{90}$ — 206 мг/кг ґрунту. Для неудобреного ґрунту цей показник залишався в межах 108–128 мг/кг залежно від сорту ($НІР_{0,5}$ = 9 мг/кг).

У період дозрівання ячменю тенденція до підвищення вмісту обмінного калію зберігалася. У неудобрених варіантах його вміст становив від 119 до 132 мг/кг залежно від сорту, тоді як у варіантах з добривами він зростав до 190–213 мг/кг при внесенні $К_{60}$ та до 173–192 мг/кг при дозі $К_{90}$. У середньому по сортах внесення $К_{30}$ підвищило обмінний калій на 37 %, $К_{60}$ — на 50 %, а $К_{90}$ — на 47,6 % порівняно з контрольним варіантом. Незважаючи на значні відмінності між неудобреним і удобреними варіантами, вони не перевищували межі похибки ($НІР_{0,5}$ = 9 мг/кг).

Загалом у середньому за всі фенологічні фази внесення $К_{30}$, $К_{60}$ і $К_{90}$ у більшості випадків забезпечувало достовірне зростання обмінного калію у шарі ґрунту 0–30 см, незалежно від сорту ячменю.

4.4. Аналіз урожайності ячменю ярого залежно від погодних умов, сортів і внесення добрив

Урожайність сільськогосподарських культур є ключовим показником ефективності досліджуваних агротехнічних заходів. У агротехнічних дослідженнях погодні умови часто мають вирішальне значення, оскільки вони безпосередньо впливають на результативність технологій вирощування. Найціннішими є багаторічні стаціонарні досліди, які дозволяють враховувати варіації кліматичних умов.

Найсприятливішим роком для вирощування ярого ячменю виявився 2024 рік, тоді як 2023 рік був менш сприятливим. У 2023 році врожайність ячменю коливалася в межах від 2,83 т/га до 3,42 т/га залежно від сорту та доз внесення добрив. У цьому році сорт Авгур продемонстрував урожайність без добрив на рівні 2,83 т/га, а за внесення добрив у дозах $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$ і $N_{90}P_{90}K_{90}$ його врожайність становила відповідно 3,31, 3,36 і 3,42 т/га.

Суттєве підвищення врожайності при внесенні вищих доз добрив спостерігалося лише за $N_{60}P_{60}K_{60}$ і $N_{90}P_{90}K_{90}$ (табл. 5).

Таблиця 5

Урожайність ячменю ярого в залежності від добрив та сортів, т/га

Доза добрив (фактор А)	Сорт (фактор Б)	Урожайність, т/га			Прибавка врожаю (2023–2024 рр.)
		2023 рік	2024 рік	2023–2024 рр.	
Без добрив контроль	Авгур	2,83	3,83	3,33	–
	Модерн	2,66	3,69	3,18	–
	Целінка	2,75	3,79	3,27	–
$N_{30}P_{30}K_{30}$	Авгур	3,31	4,53	3,92	0,59
	Модерн	2,91	4,17	3,54	0,36
	Целінка	2,98	4,33	3,66	0,39
$N_{60}P_{60}K_{60}$	Авгур	3,36	4,79	4,07	0,74
	Модерн	3,05	4,47	3,76	0,58
	Целінка	3,04	4,61	3,83	0,56
$N_{90}P_{90}K_{90}$	Авгур	3,42	5,31	4,37	1,04
	Модерн	3,15	4,85	4,0	0,82
	Целінка	3,11	5,02	4,07	0,80
$НІР_{0,95}$		*0,15*	*0,23*		

Сорт Модерн показав стабільне підвищення врожайності при внесенні $N_{60}P_{60}K_{60}$ і $N_{90}P_{90}K_{90}$, що свідчить про більшу чутливість цього сорту до підвищених доз добрив. У середньому за 2023 рік усі варіанти дослідження забезпечили середню врожайність 3,33 т/га.

2024 рік, у свою чергу, виявився значно сприятливішим, з середньою врожайністю 4,37 т/га. У цьому році сорт Авгур забезпечив максимальну врожайність 5,31 т/га за внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$, тоді як мінімальний показник серед сортів зафіксовано у сорту Модерн без добрив — 3,69 т/га. Порівняно з

2023 роком, приріст врожайності в 2024 році був суттєвим для всіх сортів і варіантів внесення добрив

За підсумками середніх показників за 2023–2024 роки внесення мінеральних добрив достовірно підвищило врожайність ячменю. У дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ приріст урожайності варіювався від 0,36 до 0,59 т/га, у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ — від 0,56 до 0,74 т/га, а в дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ — від 0,80 до 1,04 т/га. У середньому внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ підвищило врожайність на 10,6 % (0,39 т/га), $N_{60}P_{60}K_{60}$ — на 21,9 % (0,74 т/га), $N_{90}P_{90}K_{90}$ — на 31,2 % (1,04 т/га).

Серед сортів найбільшу середню врожайність за два роки забезпечив сорт Авгур — 4,37 т/га, що на 0,40 т/га більше, ніж у сорту Целінка, який мав найнижчі показники — 3,97 т/га. Сорт Модерн зайняв проміжне положення з середньою врожайністю 4,08 т/га.

Збільшення врожайності у 2024 році порівняно з 2023 роком було зумовлене сприятливішими погодними умовами, які включали рівномірний розподіл опадів протягом вегетаційного періоду, помірні температури і відсутність екстремальних явищ, таких як посуха чи заморозки. Це дозволило культурі повноцінно використовувати потенціал внесених добрив і генетичні переваги сортів.

Отже, в умовах Правобережного Лісостепу України найвищу врожайність ярого ячменю забезпечує сорт Авгур, який можна рекомендувати для вирощування як найбільш ефективний. Достатньо високі результати також демонструє сорт Модерн, тоді як сорт Целінка є менш продуктивним.

4.5. Вплив мінеральних добрив на динаміку білка в зерні ячменю ярого

Основним завданням сільськогосподарського виробництва є не тільки досягнення високої врожайності культур, а й покращення якості продукції. Це здійснюється шляхом регулювання вмісту азоту і зольних елементів у

рослинах за допомогою агротехнічних заходів. Вміст цих елементів залежить від біологічних особливостей рослин, їхнього віку, умов вирощування та відрізняється у різних органах. У середньому на частку азоту та зольних елементів припадає близько 6 % сухої речовини рослин.

Білки є важливим компонентом будь-якого організму, відіграючи ключову роль у його життєдіяльності. У вегетативних органах рослин вміст білків становить 5–20 % сухої маси, у зерні злаків – 10–20 %. Таким чином, рослини є основним джерелом білкових речовин для людей і тварин (табл. 6).

Таблиця 6

Вміст білка в рослинах у період колосіння ячменя ярого за 2023–2024 роки, %

Доза добрив (фактор А)	Сорт (фактор Б)	Вміст білка, %		
		2023 рік	2024 рік	2023–2024 рр.
Без добрив контроль	Авгур	9,15	11,65	9,15
	Модерн	8,99	13,13	8,99
	Целінка	11,59	13,41	11,59
$N_{30}P_{30}K_{30}$	Авгур	9,26	13,67	9,26
	Модерн	9,31	13,24	9,31
	Целінка	10,13	11,45	10,13
$N_{60}P_{60}K_{60}$	Авгур	8,28	11,96	8,28
	Модерн	11,86	13,93	11,86
	Целінка	13,05	13,64	13,05
$N_{90}P_{90}K_{90}$	Авгур	8,61	11,99	8,61
	Модерн	13,05	14,38	13,05
	Целінка	10,29	11,76	10,29

У дослідженнях встановлено, що вміст білка в зерні ярого ячменю є більш стабільним, ніж у соломі. У середньому по всіх варіантах досліду в 2024 році вміст білка досягав 12,35 %, тоді як у 2023 році цей показник був

нижчим – 10,24 %.

Внесення мінеральних добрив у дозах від $N_{30}P_{30}K_{30}$ до $N_{90}P_{90}K_{90}$ суттєво не впливало на підвищення або зниження вмісту білка в зерні. Наприклад, у сорту Авгур середній вміст білка коливався від 9,15 % на неудобрених ділянках до 11,29 % за внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$. Сорт Модерн демонстрував найбільший середній вміст білка – 13,05 % за $N_{90}P_{90}K_{90}$, що лише на 0,80 % перевищувало показник без добрив (12,25 %). У сорту Целінка вміст білка варіювався від 11,59 % на контрольному варіанті до 12,14 % за внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Загалом, внесення мінеральних добрив сприяло лише незначному підвищенню вмісту білка. Наприклад, у середньому по сортах внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ збільшувало вміст білка на 0,34 % порівняно з варіантами без добрив. Водночас зерно всіх сортів, незалежно від дози добрив, відповідало вимогам першого класу пивоварного ячменю.

Вищий вміст білка у 2024 році порівняно з 2023 роком пояснюється більш сприятливими погодними умовами: достатньою кількістю опадів, рівномірністю їх розподілу протягом вегетаційного періоду та оптимальними температурами. Це забезпечило кращі умови для азотного живлення рослин, що вплинуло на якість зерна.

Таким чином, незважаючи на те, що мінеральні добрива вносилися в оптимальних дозах, вирішальним фактором для формування вмісту білка стали погодні умови.

РОЗДІЛ 5
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО

У сучасному виробництві зерна важливо використовувати енергетично та економічно ефективні технології, які забезпечують стабільність і прибутковість господарства. Крім енергії, яка акумулюється рослинами в процесі фотосинтезу та зберігається в родючості ґрунту, вагому роль відіграє антропогенна енергія, залучена людиною для забезпечення виробничих процесів. Сюди належить паливо для сільськогосподарської техніки, електроенергія, що використовується для виробництва і транспортування мінеральних добрив, а також витрати на препарати для передпосівної обробки насіння.

Ефективність агротехнічних заходів оцінюється різноманітними методами. Значну увагу приділяють економічним підходам, які дозволяють розраховувати такі важливі показники, як прибуток, собівартість, чистий дохід, рентабельність та інші. Однак у сучасних умовах ці розрахунки ускладнюються через нестабільність цінової політики на промислову і сільськогосподарську продукцію. Окрім цього, часто спостерігається невідповідність між вартістю сільськогосподарської продукції та матеріально-технічними ресурсами, що впливає на точність оцінки економічної ефективності.

У процесі розрахунків враховуються основні показники, такі як урожайність культури, вартість отриманого зерна, матеріальні затрати на його вирощування, витрати на оплату праці, амортизацію, ремонт обладнання та інші супутні витрати [54].

У сучасному сільському господарстві особлива увага приділяється розробці та впровадженню технологій, які сприяють зниженню собівартості одиниці продукції, скороченню енергетичних витрат, підвищенню

врожайності та, як результат, збільшенню прибутковості [55].

Дослідження підтвердили, що технологічні елементи, які застосовуються в процесі вирощування, мають суттєвий вплив на економічну ефективність виробництва. Це яскраво ілюструється на прикладі вирощування люпину білого, де були вивчені всі ключові фактори (табл. 7).

Таблиця 7

Економічна ефективність вирощування ячменю ярого сорту Авгур залежно від удобрення (2023–2024 рр.)

Доза внесення мінеральних добрив	Урожайність, т/га	Вартість валової продукції, грн	Виробничі затрати на 1 га, грн	Умовно-чистий прибуток, грн/га	Рентабельність, %
Без добрив (контроль)	3,33	29970	13968	16002	114
$N_{30}P_{30}K_{30}$	3,92	35280	16776	18504	110
$N_{60}P_{60}K_{60}$	4,07	36630	19260	17370	90
$N_{90}P_{90}K_{90}$	4,37	39330	21108	18222	86

Аналіз ефективності використання різних норм мінеральних добрив свідчить, що їх збільшення сприяє підвищенню урожайності та вартості валової продукції. Наприклад, урожайність зросла з 3,33 т/га без добрив до 4,37 т/га за максимальної норми $N_{90}P_{90}K_{90}$. Водночас такі зміни супроводжуються суттєвим збільшенням виробничих витрат: від 13 968 грн/га для варіанту без добрив до 21 108 грн/га при внесенні $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Максимальний чистий прибуток зафіксовано при використанні $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 18 504 грн/га, при цьому рентабельність становила 110 %. Хоча внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ дало найвищу врожайність (4,37 т/га), чистий прибуток у цьому варіанті залишався на високому рівні – 18 222 грн/га. Це свідчить про те, що навіть варіанти з високими дозами добрив забезпечують хороший економічний результат, хоча рівень рентабельності був найнижчим – 86 %.

Така ситуація зумовлена суттєвими витратами на придбання і внесення добрив.

Повна відмова від добрив забезпечила найнижчу врожайність (3,33 т/га) і прибуток (16 002 грн/га), хоча рентабельність залишалася відносно високою – 114 % через низькі затрати (13 968 грн/га). Це робить цей варіант найменш продуктивним, але найменш затратним.

Отже, варіант із внесенням $N_{30}P_{30}K_{30}$ є найбільш економічно вигідним, адже дозволяє досягти оптимального співвідношення між затратами і прибутком. Урожайність у цьому варіанті становить 3,92 т/га, вартість валової продукції – 35 280 грн/га, а виробничі затрати – 16 776 грн/га. Водночас внесення високих доз добрив, таких як $N_{90}P_{90}K_{90}$, теж є економічно доцільним для господарств, які прагнуть отримати максимальну врожайність і готові інвестувати в ресурсоємні технології, адже навіть за високих витрат цей варіант забезпечує значний прибуток.

РОЗДІЛ 6
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. Аналіз умов охорони праці та моделювання виробничих ризиків під час внесення мінеральних добрив в умовах Правобережного Лісостепу

Для забезпечення безпеки при внесенні мінеральних добрив необхідно суворо дотримуватися встановлених правил і заходів, спрямованих на запобігання небезпечним ситуаціям. Основними умовами безпечного виконання робіт є наступні:

1. Роботи, пов’язані з транспортуванням, змішуванням, приготуванням розчинів і внесенням мінеральних добрив, заборонено виконувати у темний час доби.
2. Тару з-під мінеральних добрив не можна використовувати для зберігання продуктів харчування, води або фуражу, навіть після її знешкодження. Вона повинна утилізуватися відповідно до екологічних норм.
3. Агрохімікати не допускається транспортувати разом із біологічними засобами захисту рослин, харчовими продуктами, кормами чи іншими вантажами, а також перевозити їх із людьми.
4. Пилоподібні добрива доставляють на поле за допомогою спеціально обладнаного транспорту. Кузов повинен бути без щілин і закритий брезентом. Заборонено транспортувати аміачну селітру разом з іншими видами добрив.
5. Різні види агрохімікатів, які можуть взаємодіяти і спричиняти займання, не можна перевозити разом.

6. На машинах для внесення добрив повинні бути попереджувальні написи про використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ). Важливо забезпечити машини інструкціями щодо зберігання, транспортування й застосування добрив.
7. Манометри на обприскувачах мають бути перевірені на точність перед використанням.
8. Рідкі добрива транспортуються в спеціальних ємностях або транспортних бочках.
9. Після завершення робіт тверді добрива повинні бути повністю видалені з машин і промиті водою. У разі використання рідких добрив машини очищують гарячою водою чи парою на спеціальних майданчиках.
10. Для зниження пилоутворення під час роботи використовуються механізми, обладнані відповідними пристроями.

При заправці техніки мінеральними добривами слід дотримуватися таких правил:

- Заправні пункти повинні бути розташовані з навітряного боку.
- Пункти оснащуються пересувними піддонами для змішування сухих добрив.
- Працівники забезпечуються ЗІЗ залежно від виду добрив.

Внесення рідких добрив допускається лише за допомогою спеціалізованих машин із герметичними системами. Перед початком роботи усі деталі машин перевіряються і промиваються водою. Під час одночасної роботи кількох агрегатів відстань між ними повинна бути не менше 50 метрів.

На складах зберігання добрив заборонено приймати їжу, курити або працювати без спецодягу.

Під час роботи з мінеральними добривами можливі виробничі ризики, тому розглянемо модель виробничих небезпек під час їх внесення мінераль:

НУ – відсутність ЗІЗ під час роботи;

НД – недотримання захисту органів дихання;

НС – попадання шкідливих речовин у дихальні шляхи;

О – отруєння працівників.

НУ—› НД—›НС—› О

Для мінімізації виробничих небезпек необхідно:

- Підвищувати рівень навчання працівників із питань охорони праці.
- Впроваджувати сучасні технології, що покращують умови праці та знижують ризики.
- Забезпечувати працівників усіма необхідними засобами захисту.
- Підсилювати контроль спеціалістів за дотриманням техніки безпеки.

Дотримання цих заходів дозволить зменшити ризик травматизму, поліпшити умови праці та підвищити її безпечність.

6.2. Охорона навколишнього середовища при застосуванні мінеральних добрив

Охорона родючості ґрунтів у сучасному аграрному виробництві є важливим завданням, яке включає застосування комплексу заходів, спрямованих на збереження та поліпшення якості ґрунтів. До таких заходів належать використання мінеральних і органічних добрив, хімічна меліорація кислих і засолених ґрунтів, відновлення або впорядкування сівозмін, виведення з обробітку малопродуктивних земель, а також реконструкція меліоративних систем. Усі ці дії спрямовані на мінімізацію процесів деградації ґрунтів і підвищення ефективності їх використання. Одним із основних наслідків нераціональної господарської діяльності є зниження продуктивності ґрунтів через їх деградацію, що може проявлятися у вигляді ерозії, дегуміфікації, ущільнення, дефляції, підкислення, засолення, забруднення важкими металами, осолонцювання чи заболочення. Такі процеси істотно знижують родючість ґрунтів і завдають шкоди навколишньому середовищу.

За підрахунками науковців, втрати мінеральних добрив унаслідок непродуктивного використання можуть досягати 30–40 %. Основними причинами таких втрат є неправильне транспортування і зберігання, нерівномірне внесення, помилки у визначенні оптимальних норм, неефективні способи застосування, вимивання добрив із ґрунту, денітрифікація та ерозійні процеси. Всі ці чинники не лише знижують ефективність використання добрив, але й сприяють забрудненню довкілля, включаючи водні ресурси. Для вирішення цих проблем необхідний комплексний підхід, який враховує агрохімічні, екологічні та економічні аспекти.

Раціональне використання мінеральних добрив починається з оптимізації реакції ґрунтового середовища. Для кислих ґрунтів рекомендується вапнування, яке підвищує ефективність використання мінеральних добрив і покращує загальний стан ґрунту. Інтегроване застосування органічних і мінеральних добрив сприяє поліпшенню агрофізичних, біологічних і хімічних властивостей ґрунтів, підтримує процес гумусоутворення та підвищує їх екологічну стійкість. Важливим елементом сучасного аграрного виробництва є також використання мікро- і макроелементів у поєднанні з біопрепаратами, наприклад, через метод "сухої інкрустації насіння". Ефективність добрив значно зростає при їх локальному внесенні, що зменшує втрати агрохімікатів і мінімізує ризики забруднення навколишнього середовища.

Раціональне використання мінеральних добрив із дотриманням комплексного підходу дозволяє не лише зберігати родючість ґрунтів, але й забезпечувати стале агровиробництво, яке мінімізує екологічні ризики та сприяє збереженню природних ресурсів. Виконання таких заходів є ключовим фактором для підвищення ефективності аграрного сектору та охорони навколишнього середовища.

ВИСНОВКИ

1. Внесення мінеральних добрив у дозах $N_{60}P_{60}K_{60}$ та $N_{90}P_{90}K_{90}$ забезпечує суттєве покращення азотного режиму ґрунту, особливо у критичних фазах розвитку ячменю (сходи, колосіння, дозрівання). Азотний режим на неудобрених ділянках був значно гіршим, що обмежувало ріст і розвиток рослин.

2. Використання фосфорних добрив у дозах P_{60} і P_{90} сприяє значному підвищенню вмісту рухомого фосфору у ґрунті, особливо в період колосіння. Найвищий рівень рухомого фосфору зафіксовано для сорту Целінка при дозі N90P90K90, що свідчить про позитивний вплив добрив на фосфорний режим ґрунту.

3. Внесення калійних добрив у дозах K_{60} і K_{90} суттєво збільшує вміст обмінного калію у ґрунті. Найбільший приріст калію відзначено у фазі колосіння, що є критичним для формування стійкості рослин до посухи та забезпечення їхньої життєдіяльності.

4. Внесення добрив у дозах $N_{60}P_{60}K_{60}$ і $N_{90}P_{90}K_{90}$ забезпечує найбільший приріст врожайності, яка в середньому за два роки підвищувалася на 21,9 % та 31,2 % відповідно. Сорт Авгур продемонстрував найвищу врожайність серед досліджених сортів, що дозволяє рекомендувати його як найбільш ефективний у виробничих умовах.

5. Незначне підвищення вмісту білка у зерні ячменю за внесення мінеральних добрив свідчить про більший вплив погодних умов, ніж добрив, на якість продукції. Усі сорти продемонстрували відповідність вимогам до пивоварного ячменю незалежно від варіанта удобрення.

6. Дослідження підтвердили, що застосування мінеральних добрив суттєво підвищує врожайність та економічну ефективність вирощування ячменю ярого. Найоптимальнішим виявився варіант з внесенням $N_{30}P_{30}K_{30}$, який забезпечує баланс між витратами та прибутком, тоді як максимальна

доза $N_{90}P_{90}K_{90}$ підходить для господарств, орієнтованих на найвищу продуктивність. Вибір стратегії залежить від ресурсів і цілей господарства.

7. Отже, комплексне внесення мінеральних добрив сприяє покращенню фізико-хімічних властивостей ґрунту, підвищує врожайність та забезпечує якість продукції. Найкращі результати досягаються за сприятливих погодних умов та вибору високопродуктивних сортів, таких як Авгур.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Серебряков В.В. Агробіологічні особливості вирощування пивоварного ячменю в умовах Лісостепу України. Вісник аграрної науки. № 3. 2006. С. 34–35.

2. Candracova E., Macak M. Yield and grain quality of spring barley as affected by soil tillage method and fertilization. Research Journal of Agricultural Science. 2015. No 47(1). P. 45–50.

3. Klink K., Wiersma J.J., Crawford C.J. Impacts of temperature and precipitation variability in the Northern Plains of the United States and Canada of the productivity of spring barley and oat. International Journal of Climatology 2014. No 34. P. 2805–2818.

4. Yield and grain quality of spring barley affected by biomass formation at early growth stages. J. Kren, J. Klem, I. Svobodova, P. Misa. Plant Soil and Environment. 2014. No 60(5). P. 221–227.

5. Бабич А.О., Хіміч Л.П., Побережна А.А. Світове виробництво зерна продовольчих і фуражних культур. Корми і кормовий білок: матеріали І Всеукр. (міжнар.) конф. Вінниця, 1994. С. 74-75.

6. Побережна А.А., Хіміч Л.П. Структура виробництва продовольчого і кормового зерна в США. Корми і кормовий білок: матеріали І Всеукр. (міжнар.) конф. Вінниця, 1994. С. 136-137.

7. Нагірний В.В., Федорчук М.І. Вплив строків сівби різних сортів озимого ячменю та задіяних сполук мікроелементів на фотосинтетичну продуктивність. Вісник аграрної науки Причорномор’я. Миколаїв: МНАУ, 2019. Вип. 2 (102). С. 34–41.

8. Бабан Т.О. Динаміка світового виробництва ячменю та роль України у формуванні його пропозиції. Наукові праці ПДАА. 2012. Т. 1. Вип. 2 (5). С. 18–21.

9. Самойленко О.А. Вплив екотипу ячменю ярого на його урожайність в умовах лівобережного лісостепу України. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2015. Вип. 3. С. 124–130.

10. Петренко Т. В., Коваленко Л. О., Мірошниченко В. І. Вплив агротехнічних прийомів на продуктивність ячменю ярого в умовах Центрального Лісостепу України // Землеробство і ґрунтознавство. 2010. № 6. С. 30–33.

11. Уваренко К.Ю. Вологість і щільність ґрунту як фактори ефективності мінеральних добрив. Екологія і природокористування в системі оптимізації відносин природи і суспільства: матеріали II міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. Тернопіль: Крок, 2015. С. 142–143.

12. Спосіб підвищення ефективності дії мінеральних добрив під різні за інтенсивністю сорти ячменю ярого: пат. 135753 Україна: МПК (2019.1). № u 2019 01877; заявл. 25.02.2019; опубл. 10.07.2019. Бюл. № 13. 4 с.

13. Уваренко К.Ю. Залежність ефективності фосфорних добрив від агрофізичних параметрів чорнозему типового при вирощуванні ячменю 159 ярого. Актуальні питання сучасної аграрної науки: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. Умань: Видавничо-поліграфічний центр «Візаві», 2016. С. 87-89.

14. Самойленко О.А. Вплив екотипу ячменю ярого на його урожайність в умовах лівобережного лісостепу України. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2015. Вип. 3. С. 124–130.

15. Пилипенко М.О. Формування структури врожаю ярого ячменю залежно від умов мінерального живлення і норм висіву. Науковий вісник НАУ. 2000. № 29. С. 65-68.

16. Іваненко О. М. Роль систем основного обробітку ґрунту у вирощуванні ярого ячменю в умовах лісостепу України // *Вісник аграрної науки України*. 2013. № 2. С. 45–48.

17. Neuberg J. K otazkam zakonitosti vyzyvy rostlin v obdobi intenzifikace zemedelske vyriby prumyslovymi hnojivy. Rostlinna vyroba, Ustav vedecko-tehnickych informaci MZLH. c 1. 1967. S. 25–50.

18. Камінська В. В., Шморгун О. В., Дудка О. Ф. Особливості формування елементів продуктивності сортів ячменю ярого в північній частині Лісостепу. Землеробство. 2012. Вип. 84. С. 75–79.

19. Мукан М. Я., Раченко О. С. Вплив мінеральних добрив на формування агрофітоценозу ячменю звичайного ярого (Hordeum vulgare L.). Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2014. № 2. С. 51–55.

20. Уваренко К.Ю. Реакція сортів ячменю ярого на регулювання щільності будови та мінерального живлення за різних метеоумов вегетаційного періоду. Агрохімія і ґрунтознавство. Спец. вип. до XI з'їзду УТГА, 17-21 вересня 2018 р. Харків, 2018. Кн. 2. С. 228–229.

21. Мельник О.С., Гринчук В.М., Коваленко П.Ю. Ефективність мінеральних добрив залежно від ущільнення орного шару чорноземів. Агрохімія і ґрунтознавство. 1980. № 12. С. 45–50..

22. Іваненко І.М. Ґрунти України та їх родючість. Київ: Урожай, 1990. Т. 1. 300 с.

23. Пилипенко М.О. Формування структури врожаю ярого ячменю залежно від умов мінерального живлення і норм висіву. Науковий вісник НАУ. 2000. № 29. С. 65–68.

24. Пліско І.В., Уваренко К.Ю. Вплив агрофізичних параметрів чорнозему на ефективність азотних добрив при вирощуванні ячменю ярого. Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. 2016. Вип. 20. С. 220–230.

25. Носко Б.С. Медведев В.В., Литвиненко В.В. Эффективность минеральных удобрений при разной степени уплотнения пахотного слоя черноземов. Агрохимия. 1979. № 12. С. 49–58.

26. Токар Б. Ю. Фотосинтетична діяльність посівів ячменю ярого пивоварного залежно від удобрення та ретардантного захисту. Вісник

Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія». 2015. 3 (29). С. 186 – 190.

27. Шевченко О. І. Основи формування продуктивності ячменю ярого. Хімія. Агрономія. Сервіс. 2012. № 2. С. 20–26.

28. Шморгун О. В. Оптимізація умов формування високопродуктивних посівів ярого ячменю в зоні північного Лісостепу: Автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: № і назва спец.; установа. 2000. 20 с.

29. Ковальчук Л.М. Економічна ефективність сільськогосподарського виробництва Лісостепу України. Суми: ВАТ «Слобожанщина», 2005. 125 с.

30. Гудзенко В.М., Васильківський С.П. Урожайність ячменю ярого залежно від гідротермічних умов вегетаційного періоду у Центральному Лісостепу України. Агробіологія. 2016. Вип. 2. С. 11–17.

31. Дем'янюк О. С. Продуктивність ячменю залежно від внесення добрив на дерново-підзолистому ґрунті. Вісник аграрної науки. 2000. № 7. С. 77–78.

32. Тучапський О. Р. Формування урожаю і якості зерна озимого ячменю залежно від строків сівби, норм висіву і удобрення в умовах 172 західного Лісостепу України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.01.09 «Рослинництво». Херсон, 2002. 15 с.

33. Селекція ячменю ярого на підвищення продуктивного та адаптивного потенціалу. / В. М.Гудзенко, С. П. Васильківський, О. А. Демидов, Т. П. Поліщук, О. О. Бабій. Селекція і насінництво. 2017. Вип. 111. 170 С. 51-61.

34. Кириченко В.В., Костромітін В.М., Красиловець Ю.Г. та ін. Зміни клімату і насіннєва продуктивність польових культур в умовах східної частини Лісостепу. Агротехнологія польових культур Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр’єва. Харків. 2009. С. 6-21.

31. Кирилюк В. П., Шемякін М. В. Вплив вологозабезпечення вегетаційного періоду на запаси продуктивної вологи і водоспоживання 171

ячменю ярого в умовах Правобережного Лісостепу. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2017. №1. С. 18 – 25.

32. Формування врожаю ярого ячменю в Україні / М.Я Бомба, М.І. Бомба, Д.Т. Коцупир, Б.Н. Іваницький. Зернові культури. 2001. № 2. С. 22-24.

33. Шевченко В.П. Біологічне вилучення елементів живлення ячменем за різного рівня внесення добрив. Вісник аграрної науки України. 1991. № 2. С. 50–53.

34. Шевчук О.В. Вплив післядії різних систем удобрення на динаміку вмісту азоту в ґрунті, рослинах і зерні ячменю ярого. Вісник ХНАУ. 2013. № 1. С. 135-139.

35. Петренко І.Г., Коваленко Л.В. Норми висіву сортів ярого ячменю в умовах Лісостепу. Землеробство України. 2007. № 5. С. 40–42.

36. Кравченко Т.О. Вплив агрофізичних параметрів чорноземів на ефективність добрив при вирощуванні ярого ячменю. Ґрунтознавство і агрохімія. 2017. № 1. С. 140–145.

37. Медведєв В.В., Липець Є., Линдіна Т.Е. Вплив щільності ґрунту на засвоєння сільськогосподарськими культурами поживних елементів. Вісник аграрної науки. 2002. № 5. С. 11–15.

38. Уваренко К.Ю. Залежність ефективності фосфорних добрив від агрофізичних параметрів чорнозему типового при вирощуванні ячменю ярого. Актуальні питання сучасної аграрної науки: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. Умань: Видавничо-поліграфічний центр «Візаві», 2016. С. 87-89.

39. Барвінський А.В. Агрофізичні властивості сірих лісових ґрунтів у зв’язку з систематичним застосуванням добрив та меліорантів. Вісник Харк. нац. ун-ту ім. В.В. Докучаєва. 2003. № 1. С. 91–95.

40. Козаченко М.Р., Васько Н.І. , Наумов О.Г. Сорти ячменю для сучасного сільськогосподарського виробництва. Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. 2014. № 17. С. 97-100.

41. Мірошниченко В.О. Реакція сортів ячменю на мінеральне живлення в умовах Полісся. Аграрний вісник. 1983. № 4. С. 30–32.

42. Демиденко Л.М., Кравчук Н.П. Вплив добрив на урожайність і якість зерна ярого ячменю. Зернові культури України. 2004. № 3. С. 18–20.

43. Іваненко О.В. Вплив ущільнення орного шару чорнозему на засвоєння елементів живлення сортами ярого ячменю. Молодь і наука XXI століття: матеріали Міжнародної наукової конференції. Суми: СНАУ, 2017. Т. 1. С. 120–125.

44. Козаченко І.П. Еколого-агрохімічна ефективність азотних добрив у вирощуванні ячменю в умовах Сумської області. Зернові культури. 1995. № 4. С. 12–14.

45. Барвінський А.В. Агрофізичні властивості сірих лісових ґрунтів у зв'язку з систематичним застосуванням добрив та меліорантів. Вісник Харк. нац. ун-ту ім. В.В. Докучаєва. 2003. № 1. С. 91–95.

46. Демидов О., Гудзенко В. Ячмінь ярий – нові сорта. Пропозиція. 2016. URL: http://propozitsiya.com/yachmen-yaryy-novye-sorta. (дата звернення 08.11.2016 р.)

47. Уваренко К.Ю. Ефективність калійних добрив за різних рівнів зволоження та ущільнення ґрунту при вирощуванні ячменю ярого. Підвищення ефективності функціонування сільського господарства в умовах зміни клімату: зб. матеріалів Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. Херсон: ІЗЗ НААН, 2016. С. 143-145.

48. Гудзенко В.М., Васильківський С.П. Урожайність ячменю ярого залежно від гідротермічних умов вегетаційного періоду у Центральному Лісостепу України. Агробіологія. 2016. Вип. 2. С. 11-17.

49. Гораш О.С. Управління продукційним процесом формування консистенції ендосперму пивоварного ячменю. Вісник аграрної науки. 2003. № 8. С. 21-24.

50. Іваненко О.В. Вплив ущільнення орного шару чорнозему на засвоєння елементів живлення сортами ярого ячменю. Молодь і наука XXI

століття: матеріали Міжнародної наукової конференції. Суми: СНАУ, 2017. Т. 1. С. 120–125.

51. Барвінський А.В. Фізичні властивості ґрунтів як важлива складова оцінки якості земель. Агрохімія і ґрунтознавство. 2007. Вип. 67. С. 35-42.

52. Бабан Т.О. Динаміка світового виробництва ячменю та роль України у формуванні його пропозиції. Наукові праці ПДАА. 2012. Т. 1. Вип. 2 (5). С. 18-21.

53. Мельник Т.Г. Вплив підвищених доз азотних добрив на динаміку форм азоту в метровому шарі ґрунту. Бюлетень Інституту удобрень та агрохімії України. 1988. № 85. С. 30–33.

54. Корчинська О. А. Економічні аспекти використання мінеральних добрив в Україні. Вісник аграрної науки. 1999. № 11. С. 73–76.

55. Бабич А. О. Методика проведення дослідів по кормовиробництву / Під ред. А. О.Бабича. Вінниця, 1994. 87 с.

ДОДАТКИ