

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ, СЕЛЕКЦІЇ ТА
ЕКОЛОГІЇ

Кафедра захист рослин

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **«Вплив мікофлори на фітосанітаний стан і якість
насіння пшениці озимої»**

Виконав: здобувач вищої освіти за ОПП
Екологічно-економічне рослинництво
спеціальності 201 Агрономія
ступеня вищої освіти магістр
денної форми навчання
Рибальченко Артур Дмитрович

Керівник: Поспелова Ганна Дмитрівна
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент

Рецензент: Бараболя Ольга Валеріївна
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент

Полтава – 2024 р.

З М І С Т

Загальна характеристика роботи	4
Розділ 1. Сучасний стан вивчення проблеми оздоровлення насіннєвого матеріалу пшениці озимої від хвороб	7
1.1. Загальні відомості про хвороби насіння пшениці озимої	7
1.2. Біологічні та екологічні особливості збудників хвороб насіння	8
1.3. Наукові основи захисту пшениці озимої від насіннєвої інфекції	14
Розділ 2. Умови та методика проведення досліджень	17
2.1. Географічне положення та загальні відомості про господарство	17
2.2. Рельєф і ґрунтові господарства	18
2.3. Кліматичні умови господарства	20
2.4. Методика досліджень	21
Розділ 3. Результати досліджень	23
3.1. Оцінка фітосанітарного стану насіння пшениці озимої	23
3.2. Вплив біофунгіцидів на розвиток рослин пшениці озимої	31
Розділ 4. Економічна ефективність вирощування пшениці озимої	36
Розділ 5. Екологічна експертиза	39
Розділ 6. Охорона праці	42
ВИСНОВКИ	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	46
ДОДАТКИ	54

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Зростання виробництва високоякісного зерна пшениці озимої залишається одним з основних завдань для всього агропромислового комплексу України. За посівними площами та валовим збором високоякісного зерна у світовому землеробстві пшениця озима займає одне з перших місць зернової групи культур [8, 17].

В Україні потенційні можливості зростання врожайності пшениці озимої, яку вирощують на площі понад 5 млн. га [8], реалізується не повністю, і обмежені в першу чергу, сприятливими для розвитку збудників хвороб ґрунтово-кліматичними умовами [9]. Фітопатологічна ситуація на посівах зернових культур в Україні останніми роками погіршується. Це зумовлено як змінами в структурі сівозмін, вирощуванням культури по нетрадиційним попередникам, нестачею елементів живлення, так і екстремальними погодними умовами в період вегетації на фоні глобальних змін клімату [55, 56]. В сучасних умовах найбільшу небезпеку представляють хвороби, які зберігаються на або в насінні, ґрунті та рослинних рештках і які є джерелом небезпеки для проростаючого насіння. Саме тому, основним елементом захисту є фітосанітарна експертиза насіння пшениці озимої.

Мета і завдання дослідження. Вивчення структури мікробіоти насіння пшениці озимої, динаміки її складових, залежно від сорту й умов середовища в період формування врожаю, проведення оцінки різних методів фітоекспертизи насіння для вивчення насіннєвої інфекції пшениці озимої.

Для вирішення поставленої мети були виконані наступні завдання:

- провести фітоекспертизу насіння пшениці озимої згідно рекомендованих методик;
- визначити структуру мікробіоти зерна пшениці озимої та її вплив на лабораторну схожість насіннєвого матеріалу;
- проаналізувати відповідність загальноприйнятих методів фітоекспертизи насіння для об'єктивної оцінки структури патогенного комплексу насіння пшениці озимої.

Об'єкт дослідження. Методи фітоекспертизи насіння пшениці озимої, біологічні фунгіциди

Предмет дослідження. Насіння різних сортів пшениці озимої видовий склад мікроміцетів та їх інфекційні структури; вплив умов середовища на контамінацію насіння інфекційними структурами грибів, методи контролю насінневої мікрофлори.

Методи дослідження. Опрацьовані різні методи фітоекспертизи насінневого матеріалу. Для встановлення достовірності отриманих результатів залучений математично-статистичний метод.

Наукова новизна одержаних результатів. В процесі виконання дипломної роботи здійснена оцінка фітопатологічного стану насіння сортів пшениці озимої та визначена структура патогенного комплексу, проведений порівняльний аналіз ефективності методик фітоекспертизи насінневого матеріалу.

Практичне значення одержаних результатів. На основі отриманих даних дані рекомендації щодо обов'язкового залучення в передпосівний комплекс робіт фітоекспертизи насінневого матеріалу пшениці озимої.

Особистий внесок здобувача. Автор особисто приймав участь у розробці програми досліджень, аналізуванні літературних джерелі оформленні літературного огляду, проводив лабораторні дослідження, аналізував і узагальнював отримані результати.

Апробація результатів. Матеріали дослідної роботи та її результати обговорені й оприлюднені: на VII Міжнародній інтернет-конференції «Сучасні аспекти і технології у захисті рослин» яка відбулася 26 листопада 2024 року в Полтавському державному аграрному університеті.

Структура та обсяг дипломної роботи. Дипломна робота викладена на 51 сторінці комп'ютерного тексту, включає 6 розділів, висновки і рекомендації виробництву. список використаної літератури. Включає: 6 таблиць, 4 рисунків, 3 додатки, список використаних джерел містить 69 найменувань.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ПРОБЛЕМИ ОЗДОРОВЛЕННЯ НАСІННЄВОГО МАТЕРІАЛУ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ВІД ХВОРОБ (огляд літератури)

1.1. Загальні відомості про хвороби насіння пшениці озимої

В структурі посівних площ України пшениця озима займає одне з найважливіших місць. Для реалізації потенційних можливостей сучасних сортів однією з основних умов одержання високих і стабільних урожаїв можливо за умов використання для сівби високоякісного зерна.

Наразі на рослинах і насінні зернових колосових культур виявлено понад 300 видів організмів, які прямо або опосередковано у різні періоди органогенезу набувають різного економічного значення [59].

Доведено, що насіння сільськогосподарських культур створює сприятливе середовище для розвитку різноманітної мікрофлори. Це зумовлено виділенням поживних речовин на поверхню дозрілого зерна через екзосмос, які слугують живильним субстратом для сапрофітних мікроорганізмів. Окрім того, серед епі- та ендofітної мікрофлори часто зустрічаються факультативні паразити, здатні за певних умов переходити від сапрофітного способу життя до паразитування на рослинах [7, 12, 18].

Це пояснює той факт, що через насіння поширюється значна кількість збудників хвороб озимої пшениці. За даними різних досліджень, насіння може бути середовищем для збереження, розвитку й передачі понад 30% збудників хвороб цієї культури, хоча деякі вчені стверджують, що цей показник може перевищувати 60% [3, 19, 31].

Насіннева інфекція становить значну небезпеку, оскільки здатна спричинити ранній спалах хвороб навіть за мінімального рівня зараження — лише 0,5% уражених зернівок у посівному матеріалі. [48]. Через це хвороби насіння серйозно загрожують не тільки врожаю, але й якості посівного та

товарного зерна. Показник наявності інфекції сьогодні є одним із ключових критеріїв оцінки насіннєвого матеріалу.

Зазвичай виділяють два типи зараження насіння: інфікування, коли патоген проникає у тканини зернівок, і заспорення, коли інфекція знаходиться на поверхні насіння [60]. Особливу небезпеку становить прихована форма ураження, коли хвороба протікає без видимих симптомів, і заражене насіння не відрізняється від здорового за зовнішніми ознаками. Така внутрішня інфекція часто не впливає на показники схожості насіння, однак після сівби може стати джерелом поширення хвороби [43, 50, 51].

За характером взаємодії із насінням патогенні організми поділяють на дві групи. До першої групи можна віднести ті види мікроміцетів, життєвий цикл яких пов'язаний тільки з насінням (наприклад, сажкові гриби). До другої групи належать паразитичні й напівпаразитичні види, життєвий цикл яких реалізується не тільки на насінні, але й на проміжних господарях, рослинних рештках, а також – у ґрунті. Серед них найвагомішими з фітосанітарної та економічної точок зору є факультативні паразити, які уражують ослаблені рослини й насіння. Шкодочинність представників цієї групи залежить від умов середовища; за певних умов вони можуть спричиняти епіфітотії, а втрати врожаю, у випадку контамінації насіння цими видами, можуть сягати від 3-5 % до 100 % при значному погіршенні якості продукції [52].

1.2. Біологічні та екологічні особливості збудників хвороб насіння

Мікроміцети життєвий цикл яких відбувається всередині і на поверхні насіння, умовно поділяється на 2 групи: представники польової або первинної інфекції та вторинної або інфекції, яка проявляється в період зберігання». Дана класифікація пов'язана з екологічними особливостями фітопатогенів і в першу чергу – вологості субстрату. Мікроорганізми, які заселяють насіння в період його формування відносяться до ендofітної мікрофлори і представлені родами *Fusarium*, *Drechslera*, *Alternaria*, *Pythium*, *Rhizoctonia* та інші. Вони є джерелами первинної інфекції і пов'язані з високою вологістю насіння.

Варто зазначити, що досить поширеними і найбільш відомими із названих патогенів є гриби роду *Fusarium*. Більшість з них є сапрофітами, хоча в життєвому циклі передбачена і паразитична фаза, що забезпечує здатність паразитувати на різноманітних сільськогосподарських рослинах. Вони викликають не тільки погіршення якості насіння, але породжують кореневу гниль і фузаріоз колосу. Гриб може розвиватися в ґрунті як сапрофіт і на рослинах як паразитичний організм. Мікотоксини, що продукуються грибом в процесі життєдіяльності є небезпечною отрутою для людини и тварин, саме тому постійно проводяться дослідження, щодо вивчення життєвого циклу збудника, впливу температур и вологості на проростання хламідоспор, макро- і мікроконідій гриба [25, 31].

Епіфітна мікрофлора («інфекція зберігання») – екологічна група мікроміцетів, які розвиваються на поверхні рослин в період вегетації та зерні підчас його формування. Для своєї життєдіяльності використовують продукти синтезу рослинних клітин. За нормальних умов вони не проникають в рослину і не спричиняють шкоди. Такі мікроорганізми можуть корисними для рослини, бо володіють антагоністичними властивостями для низки патогенних мікроорганізмів. До епіфітних мікроорганізмів в основному відноситься мікрофлора зібраного за нормальних умов свіжого доброякісного зерна. Однак, такі мікроміцети сприяти процесу самозігрівання зерна внаслідок виділення великої кількості тепла під час дихання.

В склад епіфітної мікрофлори входять переважно неспороутворюючі бактерії (80-99 % загальної кількості мікроорганізмів) і гриби до складу яких відносяться роди: *Alternaria*, *Mucor*, *Cladosporium* та ін.; незначна кількість мікрофлори представлена пліснявими грибами родів *Aspergillus* та *Penicillium*. Основними джерелами епіфітних мікроорганізмів є ґрунт і проростаюче насіння [13, 23, 39, 45]. Варто відмітити, що на розвиток даної групи мікроорганізмів активно впливають фактори середовища, а саме вологість субстрату, температура, аерація, тривалість періоду зберігання; а також

біотичні фактори – взаємовідношення деяких видів мікроміцетів у цьому складі та їх здатність до антагонізму [32, 50].

Суттєвий негативний вплив на потенційну продуктивність рослин відіграє скрита форма зараження насіння (ендофітна мікрофлора). Такий тип інфекції не має зовнішніх симптоматичних ознак, однак вони можуть виявитися за певної сукупності негативних умов які утворюються процесі зберігання.

На думку багатьох дослідників вирішальне значення у провокуванні ураження насіння має вологість субстрату [9, 17, 23]. Другий за інтенсивністю впливу на мікологічну інфекцію абіотичний фактор – температура. Він набуває значення тоді, коли вологість субстрату сприяє розвитку мікроміцетів. Третій фактор біотичний, а саме видовий склад грибів і особливості їх взаємодії [9, 39]. Навіть невелике підвищення вологості насіння багатьох культур сприяє розвитку мікроорганізмів. Ще Ордин А. П. у своїх дослідженнях довів, що при вологості зерна пшениці 15 % початкова мікрофлора зерна витісняється пліснявими грибами *Aspergillus glaucus*, *A. repens*, *A. amstelodami*, *A. ruber*. При збільшенні вологості до 17 %, крім цих видів, розвиваються *A. candidus*, *A. flavus*, *A. wenti*, *A. versicolor*, при вологості 19 % домінуючими грибами є *Penicillium*, а з роду *Aspergillus* – *A. repens*, *A. candidus*. На основі цих даних, а також дослідів із зараженням зерна чистими культурами грибів і бактерій, А.П. Ордин зробив висновок, що головними видами змінення схожості зерна пшениці, є види *Aspergillus*, *Penicillium* і мікрококи. (Цитовано по С. О. Трибель) [58].

Досить часто на контамінованому мікроміцетами насінні одночасно, розвиваються збудники різних хвороб. В такому випадку має місце комплексна інфекція. Порівняння даних щодо активності розвитку мікрофлори на зародку і ендоспермі зерна пшениці показало, що більш інтенсивно гриби розвиваються на зародкові [31].

Поширеність цвільових грибів залежить не тільки від агрокліматичних умов періоду збирання урожаю і сівби, а також від умов його зберігання у між вегетаційний період.

Результати багаторічних досліджень свідчать про те, що до збирання урожаю значного ураження зернівок пліснявами збереження не відбувається, інфекція потрапляє на насіння переважно в період збирання, обробки і зберігання. Крім того, під зараження підпадає травмоване насіння.

Активний розвиток пліснявих грибів у насіннєвих масах при підвищеній вологості повітря або насіння пояснюється в першу чергу їх біологічними особливостями, які роблять їх невибагливими до умов навколишнього середовища. Більшість мікроміцетів, що спричинюють пліснявіння здатні розвиватися за невисокої вологості насіння і відносній вологості повітря міжзернового простору (плісняви розвиваються за вологості 75 % і зерна 15 %, а бактерії та дріжджі відповідно за 18 % та 98 %); характеризуються невисоким температурним оптимумом (20-40⁰ C) і здатністю розвиватися за більш низьких температур (10⁰ C); їм притаманне аеробне дихання; для них характерна наявність значного асортименту гідролітичних ферментів, що дозволяє інтенсивно впливати на покривні і запасуючі тканини зерна.

Склад пліснявих грибів в зернових масах досить різноманітний і нараховує понад 60 видів. Варто відмітити, що підчас мікробіологічних процесів одні мікропатогени замінюються іншими. Наприклад, види роду *Penicillium Link* більш вимогливі до вологи, ніж види роду *Aspergillus Micheli*, а по відношенню до температури навпаки. За результатами досліджень Ковалішиною виявлена послідовна зміна субепідермальної мікрофлори насіння пшениці залежно від вологості і температури в період зберігання. В той же час присутність польових грибів знаходиться в обернено пропорційній залежності від розвитку цвілей зберігання.

Існує певна класифікація збудників пліснявіння за кольором міцелію або спороношення яке утворюється на насінні. Досить часто зустрічається сіро-зелене пліснявіння, яке викликається переважно грибами родів

Penicillium Link, *Aspergillus Micheli*, рідше – *Mucor Micheli*. Для них оптимальною є температура $+8^{\circ}\text{C}$, а за деякими даними пеніцил може розвиватися навіть при $+2^{\circ}\dots+5^{\circ}\text{C}$, негативно впливаючи на інші гриби, які контамінують зернівки. Інтенсивність зараження збудниками сіро-зеленого пліснявіння знаходиться в прямій залежності від кількості пошкоджених зерен і агрокліматичних предикторів у період проростання насіння і формування сходів [12, 13, 18, 34, 35].

Ще один вид пліснявіння – темне, що викликається грибами родів *Cladosporium Link*, *Alternaria Nees*, *Macrosporium Fries*. Для цього типу інфекції притаманне утворення чорного або темно-оливкового нальоту. Зараження переважно починається в місцях травмування насінневої оболонки. Для розвитку темного пліснявіння потрібні дещо вищі температури (понад 12°C) [43, 45].

Гриби родів *Trichothecium Link*, *Sporotrichium*, рідше *Cephalosporium* спричинюють рожеве пліснявіння. Інтенсивний розвиток даного типу пліснявіння відмічається за температури $+8^{\circ}\text{C}\dots+10^{\circ}\text{C}$. Воно часто витісняє фузаріозне пліснявіння, для якого сприятливою є більш висока температура [50. 51].

Отже, відповідно відмічених екологічних особливостей розвитку грибів-збудників пліснявіння насіння, на початку проростання кількісно переважає пеніцильозний тип ураження, для якого достатньо температури нижче $+15^{\circ}\text{C}$. При її підвищенні та в процесі висихання ґрунту домінують гриби роду *Fusarium*, а при достатньому зволоженні зростає частка грибів роду *Cladosporium*.

При недостатньому зволоженні (Полтавський регіон), в пшеничних агроценозах переважає фузаріозна інфекція. Хвороба частіше викликається грибами *Fusarium graminearum Sheldon*, *Fusarium oxysporum* та *Fusarium culmorum Sheldon*. Міцелій фузарієвих грибів з проростаючого насіння поширюється по всіх органах, виділяючи в клітини рослини-господаря токсини

та заповнюючи клітини провідних тканин і серцевину коренів, порушуючи при цьому рух поживних речовин і води.

Фузаріоз на колосі пшениці проявляється в період молочно-воскової стиглості і продовжує свій розвиток під час зберігання зерна в умовах підвищеної вологості. Уражені зернівки втрачають блиск, стають щуплими, набувають брудного кольору, кришиться і ламаються, легко розтираючись на буру масу [34].

Доведено, що фітопатогени не тільки негативно впливають на посівні якості насіння, а й є причиною збитків (втрата маси зерна та погіршення якісних показників) [1, 7].

За результатами біохімічних досліджень встановлено, що фітопатогени виявлені на зерні пшениці озимої з різними патологічними ознаками відрізняється між собою за вмістом поживних речовин [36].

Значна частка мікроміцетів, що викликають хвороби зерна продукують ферменти, які приймають активну роль у процесі патогенезу в якості активного механізму інфікування [7]. Так, на початку патогенезу за участі протеїназ вони здатні спричинювати деструкцію білків [19]. Токсичні метаболіти, синтезовані патогенами під час контакту із зерном, сприяють проникненню грибів у клітини [19, 21]. Кандидатом біологічних наук Ковалишиним А. Б. проведені дослідження, що до впливу патогенних грибів на вміст поживних речовин. Виявлено, що у зернівках з чорним зародком вміст білка і сирої клейковини зростає на 6 % і 8 % відповідно, у зернівках з внутрішньою інфекцією *F.graminearum* обидва показники знижуються відповідно на 17 % і 19 %. Хвороби зерна призводять до зміни вмісту в ньому вуглеводів: у зернівках з чорним зародком зростає вміст крохмалю і водорозчинних цукрів відповідно на 1 % і 13 %; фузаріоз спричинює зниження цих речовин відповідно на 5 % і 4 % [19].

Отже, фітосанітарна діагностика насіння сільськогосподарських культур є невід'ємною умовою не тільки високої якості сировини але й

економічної стабільності підприємств, які є виробниками зерна на харчові і господарські цілі.

1.3. Наукові основи захисту пшениці озимої від насіннєвої інфекції

Наразі агрономічна служба має достатньо можливостей для стабілізації фітосанітарного стану пшеничного поля, що включає менеджмент підвищення життєздатності і стійкості рослин, а також використання заходів по регулюванню і стримуванню розвитку шкідливих організмів на економічно невідчутному рівні [2, 6, 29, 40, 41].

Захист зернових культур від фітопатогенних факторів передбачає застосування заходів по зниженню швидкості наростання інфекції таким чином, щоб рівень розвитку хвороби не досягав порогового значення в критичну для рослини фазу розвитку [44]. Використання стійких сортів і гібридів не відмінняє впровадження новітніх агротехнологічних прийомів і препаратів, які формують адаптаційні якості рослини [20, 27, 28].

Добре відомий негативний вплив збудників насіннєвої і ґрунтової інфекції на продуктивність рослин, тому зростає значення окремих ланок технології вирощування і зберігання зерна зернових колосових культур.

Важливим заходом профілактики ураження сходів є висівання в ґрунт протруєного насіння. Протруювання забезпечує контроль мікроорганізмів на поверхні і всередині насіння та зменшує шкідливу дію хвороби на проростки на етапах зараження і інкубаційному, хоч не може захистити від ураження зерно нового урожаю. Якісне за посівними показниками оброблене препаратами насіння може виявляти опірність інфекції, при цьому за сприятливих погодних умов втрати врожаю від збудників насіннєвих інфекцій не перевищують 5-7%. В сучасному асортименті фунгіцидні протруйники представлені досить широко, однак виникає постійна необхідність пошуку препаратів, які б володіли широким спектром захисної дії. В світі швидкого формування резистентності у шкідливих організмів до пестицидів і необхідності пошуку екологічно безпечних заходів захисту перевага надається

системним діючим речовинам які мають максимальний термін захисної дії і тривалий час стримують формування резистентних рас мікроорганізмів [20, 27].

Хімічні препарати для знезараження насіння пшениці створені на основі високоефективних діючих речовин: тебуконазол, протіконазол, трітіконазол, флутриафол, ципроконазол – похідні триазолів; азоксистробін, піраклостробін – група стробілуринів, флудіоксоніл – фенілпіроли, пенфлуфен – алкіламід, флуопірам – пілідилетиламід та ін. Крім того, переважна більшість сучасних фунгіцидних протруйників містить дві і більше діючих речовин, що дає змогу розширити спектр дії і запобігти формуванню резистентності у фітопатогенів до найбільш поширених біоцидних речовин. Наразі також вивчене питання використання на зернових колосових культурах мікробіологічних фунгіцидних протруйників і в «Перелік пестицидів та агрохімікатів» внесені рекомендації щодо знезараження насіння пшениці біопрепаратами: Біокомплекс БТУ, Планриз БТ, Псевдобактерін-2 та ін. [13, 30, 34].

У сучасних умовах науковий і практичний інтерес до препаратів біологічного походження постійно зростає. Біологічні препарати, створені на основі мікроорганізмів-антагоністів, забезпечують ефективність біоконтролю шкідливих організмів в агрофітоценозах і діють змогу зменшити обсяги застосування хімічних методів захисту [20].

Біологічні агенти, крім прямої антибіотичної дії, здатні стимулювати ріст, розвиток і продуктивність рослин, поліпшувати їх живлення, підвищувати захисні механізми рослинного організму [30]. Здатність до синтезу ріст регулюючих речовин виявлено у багатьох ризосферних і епіфітних мікроорганізмів. Широко розповсюджені бактерії родів *Azotobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Streptomyces* та мікроміцети, що належать до родів *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Rhizopus* продукують такі важливі ріст регулюючі речовини, як індолілоцтова кислота, гібереліни, цитокініни [48]. Властивість мікроорганізмів утворювати

фітогормони і гормоноподібні речовини часто використовують для виробництва і застосування в рослинництві біологічних препаратів. Їх перевага перед дорогими синтетичними фітогормонами полягає в тому. Що вони більш економічні і полі функціональні в застосуванні.

Про те, що біологічні препарати проявляють ріст стимулюючу активність свідчить багато повідомлень у літературних джерелах [8, 48].

Коломієць Е. І. та інші зазначають, що бактерії родів *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Streptomyces*, які продукують широкий спектр метаболітів з антимікробною та еномоцидною дією, можуть також використовуватись як продуценти біологічно активних речовин з ріст стимулюючою та імуностимулюючою активністю [24]. Кириленко О. В. зазначає, що обробка насіння пшениці штамами мікроорганізмів-антагоністів значно підвищувала його схожість порівняно з необробленим контролем [19].

Чуйко Н. В. та інші зазначають, що перспективність застосування бактеріальних препаратів залежить від компліментарності мікробних складових та видів рослин [58]. Бактеріальний препарат комплексної дії на основі азот фіксуючих бактерій *Azotobacter vinelandii* ІМВ-7076 та фосфат мобілізуючих бактерій *Bacillus subtilis* ІМВ-7023 значно поліпшував показники розвитку та продуктивності рослинних організмів.

Застосування препаратів у технологіях вирощування забезпечує істотне зростання урожайності сільськогосподарських культур та поліпшення якості продукції [61].

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Географічне положення та загальні відомості про господарство

Устимівська дослідна станція рослинництва інституту імені В. Я. Юр'єва Української Академії Аграрних Наук розміщена в центральній частині Лівобережної України, безпосередньо на кордоні між Лісостеповою та Степовою зонами, в південно-східній частині Полтавської області. Ця наукова установа заходиться на території села Устимівка Глобинського району (за 9 км від районного центру) Полтавської області (на відстані 120 км від обласного центру).

Дослідна станція має в своєму складі науковий підрозділ та експериментальне господарство, входить до Системи генетичних ресурсів рослин України. Головними напрямками роботи Устимівської ДСР є вивчення нових зразків сільськогосподарських культур та їх карантинна перевірка, збереження колекційного матеріалу в життєздатному стані з високою сортовою чистотою, всебічне вивчення колекцій, виділення джерел і донорів цінних ознак, розмноження для закладки на середньострокове зберігання в Національне сховище та сховище Устимівської ДСР, забезпечення селекційних установ України та інших країн цінним вихідним матеріалом та інформацією про нього.

Загальна площа землекористування дослідної станції становить 992,5 га, в т. ч. орних угідь – 972,4 га, сінокосів – 10,0 га, пасовищ – 1,2 га, дендропарк охоплює 8,9 га.

На базі експериментального господарства Устимівської дослідної станції впроваджені дві сівозміни (одинадцятипільна та десятипільна), в яких розміщені насінницькі посіви сільськогосподарських культур. Десяте поле малої сівозміни зайняте під наукові дослідження, направлені на вивчення селекційного матеріалу, інтродукцію нових сортів та видів, а також поновлення життєздатності наявних зразків колекції.

3.2. Рельєф і ґрунтові умови господарства

Ґрунтовий покрив території Устимівської дослідної станції рослинництва значною мірою представлений середньосуглинковим, малогумусним розпиленням чорноземом із вкрапленням солонцюватих ґрунтів. Основною ґрунтоутворюючою породою є карбонатний лес. Підґрунтові води знаходяться на глибині – 8-12 м і лише в мікрозниженнях підходять до поверхні на 1-1,5 м. За даними польових досліджень, вони засолені бікарбонатами натрію, хлоридами та сульфатами.

Згідно з сучасним агроґрунтовим районуванням Полтавської області, територія Устимівської ДСР відноситься до Кременчуцького агроґрунтового району; на території дослідної станції виявлено сім ґрунтових відмін та їх комплексів. Основну територію станції займають чорноземи глибоко залишково солонцюваті, які становлять 95,1 % всієї орної землі господарства. Менш поширені лучно-чорноземні намиті слабоосолоділі та середньоосолоділі намиті ґрунти (4,6 %), а також болотні солонцюваті солончакові ґрунти – (0,3 %). За механічним складом ґрунти крупнопилувато середньосуглинкові мають такий розподіл фракцій.

Такий тип ґрунтів має низьку об'ємну вагу. В шарі 0-10 см вона становить 1,17 г/мм³. Це пояснюється рихлим зволоженням ґрунтової маси внаслідок її структурованості, що впливає на пористість ґрунту, і призводить до її значного підвищення (52,4-54,0 %). Збільшена по профілю і загальна валова пористість ґрунту становить 47,2 %, а в породі – 41,3 %. Максимальна кількість засвоюваної вологи може досягати 21,2 мм.

Ґрунти даної групи в ілювіальному та частково елювіальному шарі мають увібраний натрій в невеликих кількостях (до 5 %), саме тому і отримали назву «залишкових слабо солонцюваті».

Лучно-чорноземні намиті слабо та середньо сильно осолоділі ґрунти сформувалися в зниженнях лесової тераси на основі лесовидних суглинків. З поверхні ґрунту до глибини 32 см залягає гумусово-елювіальний горизонт темно-сірого кольору, грудкуватої структури з помітно крем'ярковою

присипкою, середньосуглинковий без карбонатний, з вираженим переходом до наступного горизонту. Верхня частина перехідного горизонту (32-68 см) темнувато-сіра з буруватим відтінком, слабоілювійована, грудкувато-горіхової структури, ущільнена, кипить від дії соляної кислоти з глибини 38 см.. Нижня частина перехідного горизонту (68-105 см) буруватого кольору, більш ілювійована, горохуватої структури, в свою чергу, переходить в засолені лесовидні суглинки. За механічним складом ґрунти крупно пилюваті середньо суглинкові. В них знаходиться, 20,3-21,4 % крупного пилю, піску 12,5-13,4 %. Кількість гумусу в шарі 0-20 см. становить 4,6-4,7 %, а загальна його кількість досягає 3,82 %. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної, в окремих випадках - слабо лужна. рН водяне становить 7,2-7,3. Сума увібраних основ досягає 37,6-37,7 мг-екв. на 100 г ґрунту. Дані ґрунти слабо засолені водорозчинними солями (хлоридно-сульфатно-содове засолення). Вони добре забезпечені легкорухомими формами поживних речовин: в орному шарі (0-20 см) вміст фосфору становить 8,5-12,0 мг, калію – 10,2-12,2 мг на 100 г ґрунту.

Болотні солонцюваті ґрунти в зниженнях лесової тераси на лесових суглинках. Характеризуються слабо вираженими ознаками солонцюватості. Солонцюватість цього типу ґрунтів поверхнева і пояснюється майже постійним підпором неглибоко залягаючих підґрунтових вод. Механічний склад цих ґрунтів - крупнопилювато середньо суглинковий. Реакція ґрунтового розчину слаболужна. Через свої водно-повітряні характеристики майже не придатні для вирощування сільськогосподарських культур.

Кислотність ґрунтів основної маси полів дослідної станції лежить в межах від 6,1 до 7,2, що відповідає нейтральному рівню кислотності. Отже, для проведення вапнування в господарстві немає підстав.

В результаті польового обстеження і даних лабораторних аналізів встановлено, що в умовах Устимівської ДСР вміст гумусу (по Тюріну) в шарі ґрунту 0-20 см складає 3,84 %. Із збільшенням глибини цей показник знижується; так, на глибині 80-90 см він дорівнює 2,1 %. В орному шарі ґрунту (0-20 см) вміщується в середньому: рухомих форм фосфору - 20,6 мг/100г,

калію – 10,2 мг/100г. Реакція ґрунтового розчину слабо кисла, рН (соляна) на рівні 5,8-6,5. За даними про вміст гумусу на полях дослідної станції можна зробити висновок, що для вирощування максимально високих врожаїв належної якості більшості сільськогосподарських культур необхідно раціональне використання агрохімікатів.

2.3. Кліматичні умови господарства

Клімат в зоні розташування станції наразі відноситься до степового, помірно-континентального, з нестійким зволоженням. Літо в цьому регіоні тепле або помірно жарке, зима – тепла або помірно холодна. Розподіл температури та кількості опадів по місяцях за роки проведення досліджень наведений в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Розподіл температури повітря та кількості опадів за період вегетації 2022-2014 рр.

Місяці, роки	ІІІ	ІV	V	VI	VII	VIII	IX	сума за вегетацію
Розподілення опадів, мм								
2022	67,5	40,9	56,5	123,5	46,7	9,0	10,2	354,3
2023	9,9	15,9	30,6	14,7	92,2	3,7	36,1	203,1
2024	103,9	9,8	27,7	31,8	47,9	3,2	50,4	274,7
Середні багаторіч ні дані	28,0	44,0	50,0	57,0	72,0	58,0	56,0	365,0
Середньомісячна температура повітря, °С								
2022	5,2	10,1	17,6	21,0	22,8	23,0	13,6	113,3
2023	6,0	11,5	16,5	21,9	22,5	24,8	18,1	121,3
2024	-1,8	13,8	20,3	22,2	23,8	26,0	18,5	122,8
Середні багаторічні дані	0,5	8,9	15,9	19,5	21,0	19,8	14,4	100,0

Сума активних температур на території Устимівської ДСР, за багаторічними даними, складає 3200 °С, при середньо багаторічній температурі повітря на рівні 7,8 °С.

За результатами багаторічних спостережень, у зоні дослідної станції відмічені тільки три безморозних місяці: червень, липень, серпень. Останні весняні приморозки спостерігаються у травні, а перші осінні – у вересні. Мають місце часті безсніжні зими з різким коливанням температури повітря. Затяжні відлиги в січні і лютому призводять до танення снігового покриву, виникнення льодової кірки і накопичення талих вод у пониженнях рельєфу.

Погодні умови в роки досліджень характеризувалися значним різноманіттям, особливо це стосується умов зволоження. Сума опадів у період сівби – формування сходів у 2022 і 2023 роках суттєво відставала від середнього багаторічного показника.

Температурний фон протягом вегетації перевищував середні багаторічні дані в усі роки досліджень. Вересневі температури років досліджень були дещо вище багаторічних.

Для формування повноцінного й здорового насіння пшениці озимой важливими є погодні умови в період дозрівання врожаю, тобто червень-липень. З метою аналізу й оцінки погодних умов у цей період ми задіяли інтегральний показник – гідротермічний коефіцієнт (ГТК). Виявилося, що дозрівання пшениці озимої в 2023 році досліджень відбувалося за посушливих умов (ГТК = 0,7), а у 2024 році ці умови можна оцінити, як дуже сильна посуха – показник ГТК не перевищив 0,4.

2.4. Методика досліджень

Метою наших досліджень було проведення фітопатологічної експертизи насіння пшениці озимої урожаю 2023-2024 років, з метою вивчення епіфітної та субепідермальної мікрофлори.

Тест-об'єктами слугувало насіння сортів пшениці озимої вирощене в умовах Устимівської дослідної станції. Характеристика сортів, які були задіяні у досліді наведена в додатку А.1.

Відбір середніх зразків насіння для проведення аналізів проводився із маси зерна згідно існуючих методик [10,11].

Вивчення епіфітної та субепідермальної мікрофлори насіння пшениці озимої було проведено на кафедрі захист рослин Полтавської державної аграрної академії. Посівні якості насіння визначали за методиками ДСТУ 4138-2002 та ДСТУ 2240-93 шляхом пророщування в умовах вологої 2023-2024 рр. (Додаток А.2).

З метою вивчення ефективності біологічних препаратів у знезараженні насіння від інфекції використовували в якості стандарту хімічний фунгіцидний протруйник Вітавакс 200 ФФ, вск. () і препарати біологічного походження Планориз, в.с. Гаубсин, с., Триходермін-біо, с. (Додаток А.3).

Схема досліду

- контроль (насіння оброблене свіжоп'яченою водою),
- фунгіцид Вітавакс 200 ФФ, вск. за норми використання 2,5 л/т,
- біопрепарат Гаубсин, с. за норми використання 1,0 л/т,
- біопрепарат Планориз, в.с. за норми використання 2,0 л/т,
- біопрепарат Триходермін, с. за норми використання 2,0 л/т.

Для визначення стимулюючих властивостей біопрепаратів Гаубсин, Планріз, Триходермін використовували вегетаційні сосуди та пісок. Пісок перед дослідом прокалювали при температурі 120 °С протягом 2 годин після чого насипали у вегетаційні сосуди і змочували дистильованою водою до повного насичення. Насіння пшениці озимої обробляли досліджуваними препаратами, підсушували до сипучого стану і висівали в ростильні по 100 штук у трьох повтореннях. Спостерігали за ростом і розвитком рослин протягом трьох тижнів. Після чого рослини звільняли від піску і вимірювали висоту проростків їх вагу довжину первинних корінців і їх масу.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Оцінка фітосанітарного стану насіння пшениці озимої

Висока якість насіння є однією з основних умов отримання високих і стійких врожаїв пшениці озимої. Насіння багате на білки, вуглеводи і мінеральні речовини, вони забезпечують повноцінну життєдіяльність мікроорганізмів, які розвиваються на зерні. Від посівних показників і рівня контамінації насіннєвого матеріалу досить часто залежить об'єм і якість майбутнього урожаю, саме тому метою нашої дипломної роботи було виявлення патогенної мікрофлори насіння і вивчення його видового складу.

Насіння пшениці озимої є субстратом для різноманітної мікрофлори, яка складається в основному з грибів, а також бактерій, мікоплазм. Незараженого насіння практично не існує, оскільки воно за хімічним складом є повноцінним живильним середовищем для розвитку багатьох мікроорганізмів [38, 39].

Дослідження проводилися на сортах пшениці озимої Благодарка одеська, Подолянка, Бунчук урожаю 2023 та 2024 рр. Досліди з вивчення посівних якостей насіння пшениці озимої (лабораторної схожості та інфікованості зерна мікроорганізмами) були проведені в 2023-2024 рр. із використанням різних методів фітоекспертизи.

Макроскопічний аналіз проводили з використання свіжозібраного зерна пшениці озимої. При дослідженні середньої проби насіння сортів Благодарка одеська і Подолянка в роки досліджень ми звернули увагу на специфічний запах і наявність спорових сорусів характерних для твердої сажки пшениці. В той же час зерно сорту Бунчук мало здоровий хлібний запах, але макроскопічний аналіз не дозволяє з впевненістю стверджувати про відсутність даного типу інфекції. Окрім того, незначна кількість насіння усіх досліджуваних сортів після збирання в 2023 році мала ознаки ураження фузаріозом (тьм'яне, злегка зморшкувате насіння з незначними коростинками

рожевуватого кольору). Отже, макроскопічний метод дозволив виділити лише два типи інфекцій спричиненої грибами родів *Tilletia* і *Fusarium*.

Для більш детальної оцінки якості посівного матеріалу проводилось пророщення зерна пшениці озимої у вологій камері (у рулонах фільтрувального паперу).

Варто відмітити, що лабораторна схожість досліджуваних сортів в 2023 році відповідала вимогам стандарту і перевищувала 92,0 %, так, у зерна сорту Благодарка одеська – на 2,5 %, Подолянка – на 3,5% і Бунчук – на 3,3 %. Агрокліматичні умови 2024 року в період наливу зерна характеризувалися жорсткою посухою, що негативно вплинуло на якість насіння всіх досліджуваних сортів. Отже, лабораторна схожість у зерна сорту Благодарка Одеська становила 85,5%, Подолянка – 86,0 %, а Бунчук – 87,6% (рис. 3.1-3.2).

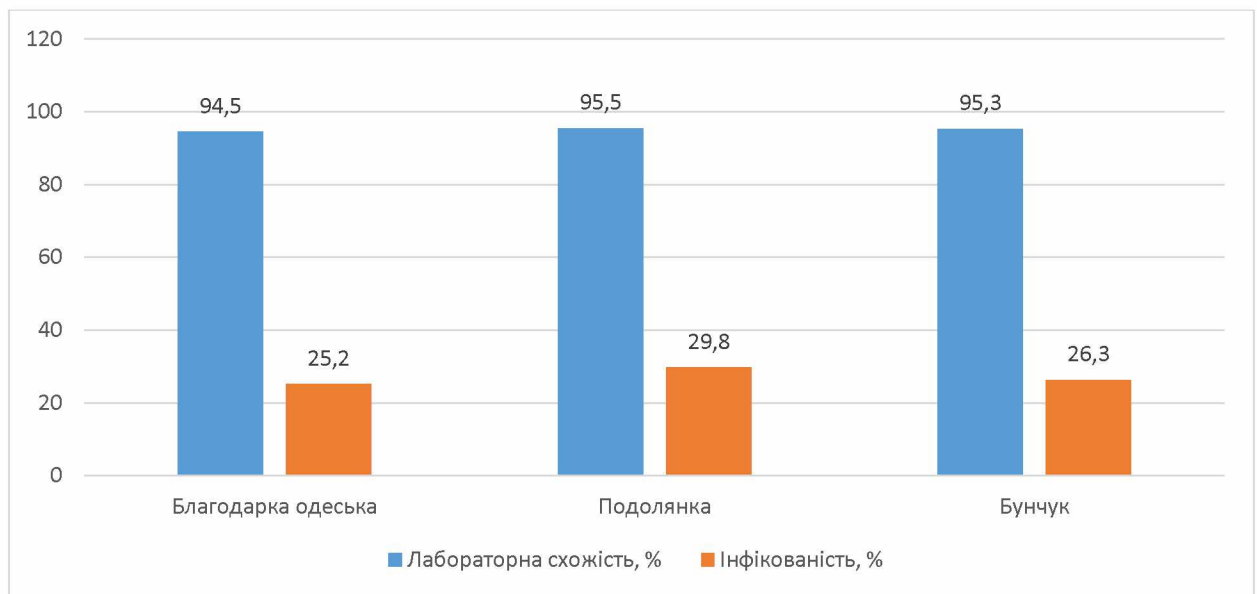


Рис. 3.1. Посівні якості насіння пшениці озимої урожаю 2023 р.

Проведене нами дослідження посівних якостей насіння пшениці озимої дозволило виявити сортову адаптивність до біотичних і абіотичних факторів середовища. Так, рівень контамінації насіння пшениці озимої мікроорганізмами був вищим у насіння сорту Подолянка урожаю 2023 року – 29,8 % зернин мали характерні ознаки ураження (наявність нальоту сформованого переважно спороношенням грибів). Даний показник для

насіння цього сорту урожаю 2024 року відмічено на дещо нижчому рівні – 14,3 %.

Для сортів Благодарка одеська і Бунчук рівень інфікованості зерна урожаю 2023 року коливався в межах від 25,2 % до 26,3 %, що значно вище показників для пшениці урожаю 2024 року.

Аналіз отриманих даних не виявив чіткої залежності між показниками лабораторної схожості і рівнем інфікованості зерна мікрофлорою. За досить високого рівня контамінації насіння пшениці озимої сорту Подолянка фітопатогенами – 29,8 % лабораторна схожість у насіння урожаю 2023 року становила 95,5 %.

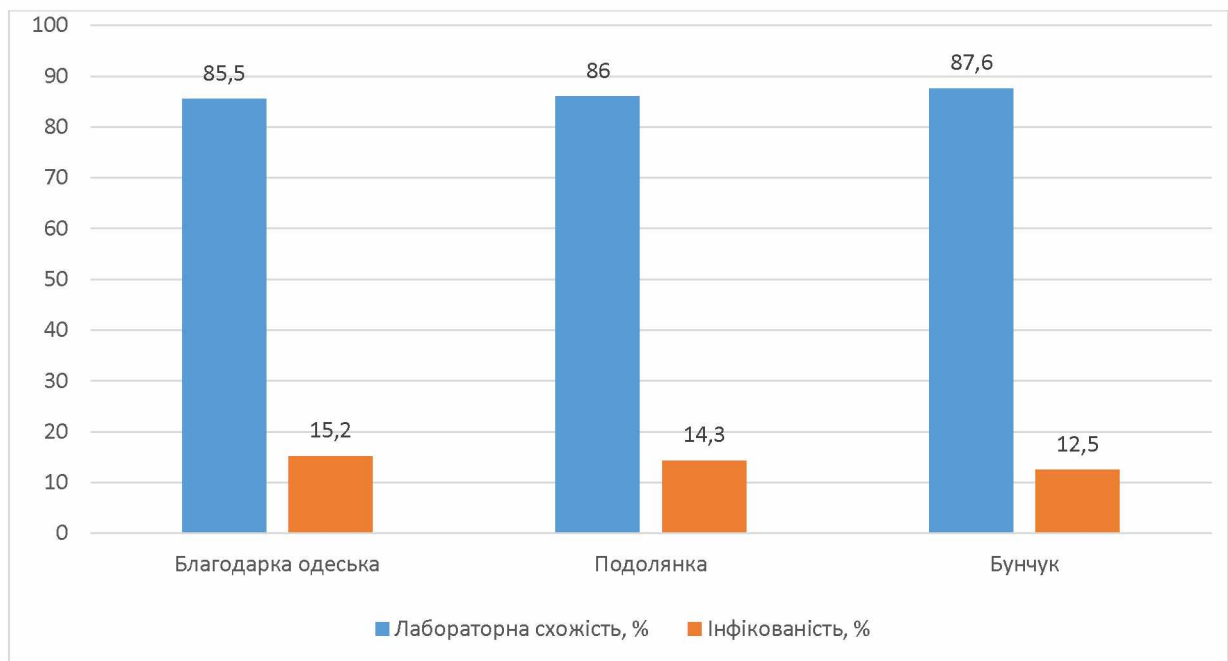


Рис. 3.2. Посівні якості насіння пшениці озимої сорту Подолянка

З метою виявлення причини такої ситуації виникла необхідність визначення видового складу мікроміцетів, який сформувався на насінні.

Нами був використаний біологічний метод фітоекспертизи – пророщування насіння в умовах вологої камери (в рулонах фільтрувального паперу). Цей метод зазвичай використовують для виявлення зовнішньої і внутрішньої зараженості насіння хворобами, оскільки він заснований на стимулюванні росту і розвитку патогенних мікроорганізмів [15]. Крім того

проводилося мікроскопування ураженого матеріалу та ідентифікування мікроорганізмів за допомогою визначника. Результати досліджень представлені в таблицях 3.1 і 3.2.

Наведені дані свідчать про присутність комплексу мікологічної інфекції на насінні пшениці озимої. Виявлені мікроміцети за систематичним положенням відносяться до мітоспорових грибів (*Alternaria alternata*, *Fusarium spp.*, *Cladosporium herbarum*, *Bipolaris sorokiniana*). За сучасною класифікацією *Fusarium*, *Cladosporium* і *Bipolaris* у теліоморфі відносяться до відділу Ascomycota, *Tilletia caries* належить до відділу Basidiomycota, *Mucor spp.* – до Zygomycota, *Penicillium spp.* та *Aspergillus spp.* – до Ascomycota.

Таблиця 3.1

Видовий склад мікофлори насіння пшениці озимої урожаю 2023 року

Видовий склад мікроміцетів	Частота прояву інфекції, %		
	Благодарка одеська	Подільська	Бунчук
<i>Alternaria alternata</i>	5,0	9,3	7,9
<i>Tilletia caries</i>	0,4	0,6	1,0
<i>Fusarium spp.</i>	3,2	2,9	3,1
<i>Cladosporium herbarum</i>	2,6	2,2	1,5
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	1,4	2,5	2,0
<i>Mucor spp.</i>	7,3	8,3	6,5
<i>Penicillium spp.</i>	3,2	2,5	2,8
<i>Aspergillus spp.</i>	2,1	1,5	1,5

Аналізуючи отримані дані ми звернули увагу на те, що серед виявлених мікроміцетів є представники «первинної» (польова) та «вторинної» (інфекція зберігання) інфекції. До першої групи віднесено гриби, що заселяли насіння пшениці озимої в період дозрівання – *Alternaria alternata*, *Fusarium spp.*, *Cladosporium herbarum*, *Bipolaris sorokiniana* та *Tilletia caries*, спори яких

потрапили на насіння під час обмолоту. До другої групи увійшли представники сапрофітної флори, які розвиваються на насінні переважно в період зберігання – *Mucor spp.*, *Penicillium spp.*, *Aspergillus spp.*

Таблиця 3.1

Видовий склад мікофлори насіння пшениці озимої урожаю 2024 року

Видовий склад мікроміцетів	Частота прояву інфекції, %		
	Благодарка одеська	Подільська	Бунчук
<i>Alternaria alternata</i>	2,9	2,4	1,8
<i>Tilletia caries</i>	-	-	-
<i>Fusarium spp.</i>	2,3	1,8	2,2
<i>Cladosporium herbarum</i>	1,5	0,8	1,8
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	1,4	0,5	1,8
<i>Mucor spp.</i>	4,3	8,3	3,5
<i>Penicillium spp.</i>	2,2	1,5	1,6
<i>Aspergillus spp.</i>	0,6	1,0	0,8

З метою оцінки фітосанітарного стану насіння пшениці озимої ми провели порівняльний аналіз видового складу та рівня контамінації мікроміцетами зерна досліджуваних сортів урожаю 2023 і 2024 років.

Серед представників польової інфекції найбільшою поширеністю характеризувалися гриби роду *Alternaria*, які вирізнялися чорним нальотом, сформованим спорами гриба, що легко ідентифікувалися під мікроскопом. На насінні урожаю 2023 року частота трапляння альтернаріозів коливалась від 5,0 % (сорт Благодарка одеська) до 9,3 % (сорт Подільська), а на насінні 2024 року цей показник знизився в 2-3 рази залежно від сорту.

За кількістю заселених насінин в роки досліджень вирізнялися представники вторинної інфекції – гриби роду *Mucor*, що спричинюють головчасту плісень, яка проявлялася у вигляді світло-сірого павутинистого

нальоту. При мікроскопуванні такого матеріалу добре вирізнялися як спорангії, так і окремі спори. Максимальний рівень контамінації головчастою пліснявою відмічався на насінні пшениці озимої урожаю 2023 і 2024 рр. у сорту Подолянка – 8,3 %. Дещо нижчим він був у сорту Благодарка одеська – 7,3 % і 4,3 %, а мінімальним у сорту Бунчук – 6,5 % і 3,5 %.

Небезпеку для розвитку проростка і первинної кореневої системи, а в подальшому для формування сходів представляють гриби роду *Fusarium*. У кількісному значенні вони відставали від альтернаріозної і мукової інфекцій. Однак, на насінні урожаю 2023 року мали критичну частоту трапляння 2,9-3,2 %. В 2024 році поширеність фузаріозу була не високою і майже на одному рівні у сортів Благодарка одеська – 2,3 % і Бунчук – 2,1 %, у сорту Подолянка дещо менша – 1,8 %.

При проведенні фітоекспертизи насіння пшениці озимої були виділені гриби виду *Bipolaris sorokiniana*, як і *Fusarium* вони можуть бути причиною виникнення корневих гнилей. Їх поширення в 2023 і 2024 роках було майже на одному рівні. Хоча на насінні урожаю 2023 року частота трапляння *Bipolaris sorokiniana* у сорту Подолянка досягла максимального рівня – 2,5 %, у Благодарки одеської цей показник за роками не змінювався (1,4 %), а у насіння сорту Бунчук в 2024 році зменшився у порівнянні з попереднім на 0,2 % (1,8 %).

Ідентифіковані також спори гриба *Cladosporium herbarum* і хоча він відноситься до облігатних сапротрофів може погіршувати якість рослинницької продукції. В польових умовах даний мікроорганізм досить часто зустрічається при перестоюванні хлібів у вигляді оливкової плісняви. Простежувалося варіювання інфікованості насіння грибами роду *Cladosporium* як за роками досліджень, так і за тестованими сортами, однак поширеність компонента не перевищувала 3 %.

Сапрофітна флора, окрім грибів роду *Mucor*, представлена родами *Aspergillus* і *Penicillium*, наявними на насінні урожаю 2023 і 2024 років, хоча їх поширення можна вважати незначним. Вони можуть створювати загрозу при

порушенні умов зберігання зернових мас, викликаючи їх пліснявіння. Частота трапляння даної сапрофітної інфекції на насінні 2023 року становила для сорту Благодарка одеська – 5,3 %, Подолянка – 4,0 %, Бунчук – 4,3 %. Для зерна урожаю 2024 року цей показник знизився відповідно сортів до 2,8 %, 2,54 % і 2,4 %.

Таким чином, у випадку вирощування досліджуваних сортів пшениці озимої можна очікувати присутності на насіннєвому матеріалі як домінуючих видів контамінантів (*Fusarium*, *Alternaria*, *Mucor*), так і менш поширених – *Bipolaris*, *Cladosporium*, *Aspergillus* та *Penicillium*.

Під час мікроскопування на деяких зернівках були виявлені спори твердої сажки, що не впливали на схожість насіння, але створювали загрозу для зараження проростків у ґрунті. Рівень інфікованості даним патогеном був незначним і коливався в межах від 0,4 % (Благодарка одеська) до 1,0 % (Бунчук) лише на насінні урожаю 2023 року.

Відповідно до вимог при проведенні фітоекспертизи для визначення твердої сажки потрібно залучати інші методи, а саме метод відбитків, який дозволяє більш точно вказати рівень контамінації зерна пшениці озимої *Tilletia caries*, ніж метод вологої камери.

Мікроскопічний аналіз проводиться лише з насіння з ознаками ураження, а теліоспори під час аналізу не завжди проростають і не формують характерних для ідентифікації ознак. Тому ми не можемо отримати дійсної картини поширення збудника твердої сажки.

Під час проведення аналізу фітосанітарного стану насіння пшениці озимої методом відбитків були отримані дані, представлені в таблицях 3.3 і 3.4.

За результатами такого обстеження можна стверджувати, що визначенню підлягають тільки ті мікроорганізми, які формують характерні утворення. А саме, гриби роду *Alternaria* легко визначаються за формою, будовою і кольором (спори булавоподібні, багатоклітинні, темнозабарвлені). Фузаріум має серповидні багатоклітинні макроспори. У кладоспоріума спори

одно- і двоклітинні, еліпсоподібні, можуть бути вуглуватими, тоді як у *Tilletia caries* – округлі, темно-коричневі з сітчастим візерунком.

Таблиця 3.3

**Результати аналізу характеру зараження насіння пшениці озимої
урожаю 2023 р. методом відбитків**

Види мікроміцетів	Інфікованих насінин, %			Ступінь інфікування насіння, шт спор на 1 зернину		
	Благодарка одеська	Подільська	Бунчук	Благодарка одеська	Подільська	Бунчук
<i>Alternaria spp.</i>	24,5	15,5	20,0	10,0	5,1	8,3
<i>Cladosporium spp.</i>	10,0	12,0	-	1,5	2,0	-
<i>Fusarium spp.</i>	3,0	1,5	-	2,0	0,5	0,0
<i>Tilletia caries</i>	16,0	24,5	18,5	2,2	7,3	5,5

У більшості грибів, що діагностувалися методом відбитків, формуються округлі гіалінові (прозорі) спори, які не можливо відрізнити за видами і родинами без наявності конідієносіців.

Отже, методом відбитків ми визначили наявність на насінні досліджуваних сортів пшениці озимої лише гриби родів *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Tilletia*.

В першу чергу нас цікавила можливість визначення рівня контамінації збудником твердої сажки. Саме метод відбитків (легкий і швидкий у виконанні) дав можливість більш точно визначити поширеність патогену. *Tilletia* характеризувала найбільшою частотою трапляння на зерні урожаю 2023 року (Благодарка одеська – 16,0 %, Подільська – 24,5 % і Бунчук – 18,5 %).

Таблиця 3.4

**Результати аналізу характеру зараження насіння пшениці озимої
урожаю 2024 р. методом відбитків**

Види мікроміцетів	Інфікованих насінин, %			Ступінь інфікування насіння, шт. спор на 1 зернину		
	Благодарка одеська	Подольанка	Бунчук	Благодарка одеська	Подольанка	Бунчук
<i>Alternaria spp.</i>	31,5	30,5	34,0	9,2	15,2	16,5
<i>Cladosporium spp.</i>	15,5	9,0	-	2,5	1,8	-
<i>Fusarium spp.</i>	2,2	3,5	0,5	1,0	1,2	0,1
<i>Tilletia caries</i>	8,0	12,5	10,0	1,2	8,5	9,3

Крім того, ми мали змогу розрахувати ступінь інфікування насіння (кількість спор на 1 зернину). Така двоступенева фітоекспертиза забезпечує не тільки визначення якості посівного матеріалу, а й видового складу наявної мікрофлори, що дає змогу підібрати ефективні заходи захисту проростку в першу чергу від насінневої інфекції.

3.2. Вплив біофунгіцидів на розвиток рослин пшениці озимої

З метою вивчення впливу фунгіцидних протруйників (хімічного та біологічного походження) ми обробляли насіння пшениці озимої наступними препаратами: Вітавакс 200 ФФ, вск. 0,2 л/т, Планориз, в.с. 2,0 л/т, Гаубсин, с. 1,0 л/т, Триходермін-біо, с. 2 л/т.

На восьму добу ми визначали лабораторну схожість досліджуваного насіння пшениці озимої сорту Подольанка, рівень інфікованості патогенними мікроорганізмами та видовий склад збудників. Отримані дані представлені в таблиці 3.5.

Лабораторна схожість у варіантах досліду з використанням біофунгіцидів була майже на одному рівні – 91,5-92,0 % і лише на 1,5-2,0 %, перевищувала контроль. Кращим виявився варіант із застосуванням хімічного

протруйника Вітавакс 200 ФФ, вск. – 94,0 %. Аналіз рівня інфікованості насіння пшениці озимої сорту Подолянка показав, що лише препарат Вітавакс 200 ФФ, вск. ефективно знизив прояв мікопатогенів до 0,5 %. Реєструвалася тільки сапрофітна флора представлена грибами роду *Mucor*.

Таблиця 3.5

Вплив фунгіцидних протруйників на лабораторну схожість та інфікованість насіння пшениці озимої сорту Подолянка (волога камера)

Варіант	Лабораторна схожість, %	Інфікованих насінин, %	Видовий склад патогенів, %					
			<i>Alternaria</i>	<i>Bipolaris</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Mucor</i>	<i>Penicillium</i>
Контроль	90,0	19,5	12,0	1,0	0,5	1,0	4,5	0,5
Вітавакс 200 ФФ, вск.	94,0	0,5	-	-	-	-	0,5	-
Гаубсин, с.	92,0	5,5	3,2	-	-	0,5	0,7	1,1
Планриз, в.с.	91,5	4,2	2,8	0,2	-	0,4	0,8	-
Триходермін, с.	94,0	3,6	2,1	-	-	-	2,5	-

В той же час рівень контамінації у варіантах з використанням біологічних фунгіцидів варіював на рівні 3,6 % (варіант Триходермін-біо, с.) до 5,5 % (варіант Гаубсин, с.). На насінні обробленому біопрепаратами Триходермін-біо, с. і Планриз, в.с. контамінація сапрофітними грибами *Aspergillus* та *Penicillium* виявлена не була, однак присутня головчаста пліснява на рівні 0,8-2,5 %. У варіанті з використанням насіння аплікованого Гаубсином, с. виявлені гриби роду *Penicillium* за частоти трапляння 1,1 %. Досить активно виявився антагонізм між досліджуваними препаратами і грибами роду *Alternaria* і хоча рівень інфекції знизився майже в 5-6 разів (у порівнянні до контролю) їх поширеність становила у варіанті з

Триходерміном-біо 2,1 %, Планриз 2,8 % і Гаубсин – 3,2%. Ефективним проти фузаріозної інфекції виявився лише Триходермін-біо, с.

Отже, аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок щодо досить низької ефективності досліджуваних біопрепаратів методом вологої камери.

Аналогічні дослідження були проведені і на насінні пшениці озимої сорту Благодарка одеська і Бунчук. Отримані дані підкреслюють зроблений нами висновок про недоцільність використання методу вологої камери для оцінки ефективності біологічних препаратів у порівнянні з хімічними.

Для прояву дії мікроорганізмів потрібен ґрунт, або субстрат який виконує його функції. При застосуванні даного методу можливий прояв дії стимулюючих речовин (фітогормонів та антибіотиків). Виходячи з цього подальші дослідження проводились на піщаному середовищі.

Біометричні показники рослин визначалися на 14 день після появи сходів. Чітко простежувалася позитивна динаміка впливу біофунгіцидів на розвиток тест-об'єктів. Їх висота в контролі становила 72,11 мм, тоді як за використання біофунгіциду Планориз, в.с. даний показник збільшився на 47,69 мм, у варіанті з Гаубсином, с висота дорівнювала 49,38 мм. Найкращий результат отриманий у варіанті з обробкою насіння препаратом Триходермін-біо, с. – 144,34 мм (табл. 3.6).

Привернув увагу той факт, що хімічний протруйник дещо стримував розвиток рослин, їх висота становила лише 115,22 мм. Відрізнялася і маса рослин: у варіантах із застосуванням біопрепаратів Гаубсин, с. і Триходермін-біо, с. значення даного показника було максимальним – 4,45 г та 4,64 г.

Розвиток первинних корінців був кращим при застосуванні Гаубсину, с і Триходерміну-біо, с.. Так їх довжина збільшилася майже втричі у порівнянні з контролем. У варіантах, де насіння пшениці озимої було оброблено препаратами Вітавакс 200 ФФ, вск. і Планориз, в.с. даний показник був на одному рівні – 116,98 мм та 118,60 мм відповідно.

Таблиця 3.6

**Вплив біологічних препаратів на розвиток рослин пшениці озимої
сорту Подолянка**

Варіанти	Норма викорис- тання	Висота рослини, мм	Маса рослин, г	Довжина коренів, мм	Маса коренів, г
Контроль	-	72,11	0,38	47,44	0,33
Вітавакс 200 ФФ, вск.	2,5 л/т	115,22	2,67	116,98	4,22
Планориз, в.с	2 л/т	119,81	3,23	118,6	4,32
Гаубсин, с.	1 л/т	121,49	4,45	120,54	4,49
Триходермін-біо, с.	2 л/т	144,34	4,64	132,9	5,13
НІР ₀₉₅		7,9	2,86	5,97	2,42

Спостерігалось суттєве збільшення маси коренів. Показник варіював в межах від 4,22 г до 5,13 г у варіантах, де використовувалися досліджувані препарати. Тоді як на контролі маса коренів становила лише 0,33 г.

Отже, всі препарати, задіяні в дослідженнях показали позитивний вплив на розвиток рослин пшениці озимої.

Варто зазначити, що під час візуальної оцінки сходів насіння пшениці озимої на контролі було знайдено інфікування фузаріозом, в той час як у варіантах із обробкою препаратами сходи не мали ознак ураження патогенами.

Аналізуючи отримані дані, ми дійшли висновку, що біопрепарати не тільки покращують фітосанітарний стан насіння пшениці озимої, але й виявляють стимулюючий ефект на розвиток рослин.

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Насіннєві і ґрунтові інфекції обмежують реалізацію потенційної врожайності сортів рослин, оскільки призводять до інгібування росту і розвитку на початкових етапах вегетації, що призводить до зрідження посівів, передчасного висихання листків і рослин, зниження фотосинтетичної активності [63].

В зв'язку з цим нерідко виникає необхідність активного використання різних методів захисту сільськогосподарських культур. Концепція захисту рослин від хвороб має ґрунтуватись на принципах екологічної та економічної доцільності прийняття рішення про захисні заходи. На сьогодні стає необхідною розробка нових підходів захисту рослин від хвороб у зв'язку з виходом на ринок біофунгіцидів, які здатні забезпечити захист рослин від комплексу патогенів. Встановлено, що використання фунгіцидних біопрепаратів захищає проросток від насіннєвої і ґрунтової мікрофлори [13].

В цьому розділі ми висвітлюємо економічну ефективність біофунгіцидів, які добре проявили себе в лабораторних умовах. Проведено порівняння певної системи показників, які характеризують економічну ефективність вирощування пшениці озимої на фоні аплікації насіння біоагентами з аналогічною системою показників, яка характеризує економічну ефективність вирощування цієї культури без застосування біофунгіцидів.

Метою кожного підприємства, яке застосовує нову технологію або нові більш врожайні сорти чи засоби захисту рослин є зростання прибутку при найменших затратах праці та коштів на одиницю реалізованої продукції. Тому є важливою оцінка наукових розробок по економічній ефективності виробництва. Ця ефективність у більшості випадків, визначається в

грошовому виразі (крім вартісної оцінки може бути проведена енергетична оцінка) [13].

Вихід продукції на 1 га оцінюють в натуральних (ц, т) та вартісних показниках (грн.). Порівнюється однорідна за якістю продукція. Різна за якістю продукція порівнюється в грошовому виразі з урахуванням якісних показників [14].

Вартість валової продукції визначається за закупівельними цінами, або фактичними цінами реалізації. Виробничі витрати визначають окремо для базового і нового варіантів в розрахунку на 1 га площі посіву та на всю площу посіву [62].

Для визначення економічної ефективності сортів озимої пшениці була складена технологічна карта вирощування цієї культури (Додаток В).

Проводимо розрахунки відповідно варіанту без обробки насіння препаратами:

1. Вартість валової продукції визначається шляхом множення урожаю з 1 га на ціну реалізації:

$$5,12 \text{ ц} \times 6500 \text{ грн} = 33280 \text{ грн};$$

2. Чистий дохід визначається як різниці між вартістю валової продукції та загальними виробничими затратами, наприклад:

$$33280,0 \text{ грн} - 25862,1 \text{ грн} = 7417,9 \text{ грн}.$$

3. Рівень рентабельності визначається як відношення чистого доходу до виробничих затрат, помноженому на 100%, наприклад:

$$P = 7417,9 / 25862,1 \times 100\% = 28,68\%.$$

Аналогічно проводились розрахунки для інших варіантів.

Згідно даних таблиці собівартість 1 т зерна пшениці озимої сорту Подолянка становить 505,1 грн. При ціні реалізації зерна 6500 грн за 1 т чистий дохід з 1 га складає 7417,9 грн. Рівень рентабельності вирощування пшениці озимої даного сорту відповідно становить 28,68 %. Використання фунгіцидного протруйника Вітавакс 200ФФ, вск. забезпечило приріст урожаю

на 0,42 ц і не зважаючи на збільшення виробничих затрат на 862,6 грн. з га чистий дохід зріс на 1867,4 грн. з га.

Таблиця 4.1

**Економічна ефективність вирощування пшениці озимої
в Устимівській дослідній станції рослинництва в 2024 р.**

Показники	Подольська		
	контроль	Вітавакс 200ФФ, вск.	Триходермін- біо, с.
Урожайність, т/га	5,12	5,54	5,47
Вартість продукції, 1 т, грн	6500	6500	6500
Виробничі затрати на 1 га грн	25862,1	26724,7	26426,1
Собівартість 1 ц, грн	505,1	482,4	483,1
Вартість валової продукції з 1 га, грн	33280,0	36010,0	35555,0
Чистий дохід з 1 га, грн	7417,9	9285,3	61,28
Затрати праці на 1 га, люд / год.	22,84	23,96	2378
Рівень рентабельності, %	28,68	34,74	34,55

Отже рівень рентабельності перевищив контроль і становив 34,74 %. Проводячи розрахунки для варіанта з використанням біологічного препарату Триходермін-біо, с. можна відмітити дещо нижчий рівень урожайності ніж у варіанті з використанням хімічного протруйника і відповідно нижче і рентабельність вирощування культури, однак зважаючи на те що урожайність культури в даному варіанті на 0,35 т більше ніж у контролі можна рекомендувати біопрепарат Триходермін-біо, с. для профілактичної обробки насіння перед сівбою.

РОЗДІЛ 5

ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА

Характерним для сучасного сільськогосподарського виробництва України є виключно соціально-економічне спрямування господарств і повне ігнорування екологічних проблем, що виникають в процесі використання природних ресурсів. Така діяльність призвела до появи небажаних і незворотних екологічно небезпечних процесів у природокористуванні. Екологізація аграрного виробництва і зменшення його негативного впливу на стан довкілля можлива лише при розробці системи екологічного контролю, спрямованого на планування, реалізацію і аудит заходів щодо раціонального природокористування, реалізацію природоохоронного законодавства та природоохоронних нормативів [61, 90].

Згідно Закону України «Про стратегічну екологічну оцінку» No 2354 - VIII від 20.03.2018 року, в Україні важливими частинами системи екологічної оцінки є екологічний аудит і визначення впливу на оточуюче природне середовище. Перелічені напрямки відрізняються рівнем реалізації, а саме: екологічна стратегічна оцінка організується державними природоохоронними органами, екологічний аудит і ОВНС проводяться замовниками документації, яка підлягає експертизі [29, 30, 90].

В Україні названа взаємозв'язана система екологічного контролю наразі перебуває в процесі становлення і являється своєрідним інструментом менеджменту, який використовує системний екологічний моніторинг, метою якого є оцінка еколого-економічної ефективності управління підприємствами, соціально-економічними системами, територіями з метою збереження екологічної стабільності природного середовища [61, 90].

Реалізація екологічного аудиту передбачає: обов'язковий розрахунок параметрів впливів на довкілля; аналіз альтернативних варіантів діяльності; екологічний моніторинг об'єкту; громадські слухання тощо [76].

Основою цього розділу магістерської роботи є екологічна оцінка стану функціонування галузі рослинництва в умовах Устимівської ДСР з метою прогнозування потенціальних загроз довкіллю від реалізації технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Просапні культури, зокрема кукурудза, являються повноцінним поживним середовищем як для мікроорганізмів, так і для комах-фітофагів, в зв'язку з чим потребують ефективного захисту. Обираючи систему захисту і тактику проведення заходів, необхідно наперед прораховувати не тільки позитивні, але й негативні наслідки. Особливо масштабне навантаження пестицидів проявляється за впровадження інтенсивних технологій, оскільки при цьому недостатньо враховуються економічні пороги шкідливості хвороб і шкідників, а також інші головні вимоги регламентів застосування хімічних засобів захисту рослин. За інтегрованих технологій, навпаки, основою системи захисту рослин вважається ретельний моніторинг шкідливих організмів, обов'язкове врахування рівнів ЕПШ при плануванні винищувальних заходів, а також вимога не знищення, а регулювання чисельності чи інтенсивності розвитку їх на економічно не відчутному рівні [67, 74]. Проведена нами експериментальна робота доводить, що навіть в умовах невеликого господарства можливо виконувати необхідні для моніторингу заходи. На Устимівській ДСР охорона навколишнього середовища при роботі з пестицидами забезпечується максимальною можливою механізацією небезпечних робіт, використанням сучасних препаративних форм і способів внесення пестицидів, суворим дотриманням правил безпеки праці і санітарно-гігієнічних норм при роботі з пестицидами. Досягають цього шляхом дотримання строків очікування при обприскуванні культур. Екологізація галузі рослинництва досягається також впровадженням екологічно безпечних препаративних форм і способів застосування пестицидів, зокрема - обов'язкового знезараження насіннєвого матеріалу з метою профілактики розвитку хвороб і шкідників, важливим підґрунтям якого є фітоекспертиза насіння. Усі роботи з хімічного захисту рослин здійснюються під

керівництвом спеціаліста з вищою освітою, який має відповідний диплом. Господарство не має складських приміщень для пестицидів, тому необхідну кількість пестицидів закупають одразу перед використанням. Для хімічного захисту рослин застосовують тільки ті пестициди, які є дозволені до використання в Україні [62].

Задля зниження пестицидного навантаження на Устимівській ДСР намагаються якісно проводити агротехнічні заходи, оскільки саме це у більшості випадків відіграє роль профілактики збереження й розвитку шкідливих організмів. Прикладом може слугувати вимога якісного подрібнення й загортання післязбиральних решток з метою знищення зимуючих фаз як стеблового метелика, так і пухирчастої сажки.

З метою попередження ерозійних процесів постійно проводиться необхідний догляд за лісосмугами, підбирається відповідна техніка задля зменшення ущільнення ґрунту тощо.

Проаналізувавши результати проведених нами спостережень, можна зробити висновок, що екологічний стан на Устимівській ДСР не викликає особливих побоювань, але для покращення екологічного стану господарства слід застосовувати наступні заходи:

- посилити контроль за дотриманням екологічної безпеки, охорони навколишнього середовища і дотриманням норм, вимог щодо охорони навколишнього середовища згідно з існуючим законодавством;
- використовувати пестициди і агрохімікати з урахуванням результатів фітомоніторингу й агробіологічного контролю;
- покращити умови транспортування мінеральних добрив, пестицидів та інших хімічних речовин;
- виділити необхідну кількість коштів для реалізації вище вказаних завдань.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ

Згідно із правовими нормами з охорони праці, в Україні наразі функціонують базові стандарти стосовно системи управління охороною праці (СУОП), які визначають: загальні організаційні заходи і дії; механізм реалізації цільових задач з виконання виробничої діяльності; організаційну структуру управління, функції і порядок інформаційної взаємодії підрозділів відповідно до функцій; типові обов'язки посадових осіб відносно забезпечення охорони праці [28, 58, 65, 92].

Відповідно до Закону України «Про охорону праці» відповідальність за організацію та стан охорони праці на Устимівській ДСР Кременчуцького району Полтавської області покладена на директора. Він зобов'язаний забезпечити безпечні умови праці в господарстві; здійснювати контроль за дотриманням діючого законодавства по охороні праці; щорічно затверджувати перелік осіб, відповідальних за стан та організацію роботи по охороні праці; забезпечувати усунення причин, що можуть призвести до нещасних випадків, професійних захворювань; відслідковувати виконання профілактичних заходів, що визначаються напрямком оперативних і перспективних планів роботи.

Оперативним відповідальним за охорону праці у господарстві є головний інженер, оскільки посади інженера з охорони праці в господарстві немає. Він здійснює організаційну роботу, підготовку управлінських рішень і контроль за їх виконанням. У своїй діяльності з питань охорони праці цей спеціаліст підпорядковується директору.

Керівники підрозділів і спеціалісти несуть відповідальність за стан охорони праці в межах своїх підрозділів і напрямків діяльності. Головний інженер здійснює загальне оперативне керівництво роботами у господарстві, планує разом з керівниками підрозділів необхідні заходи з охорони праці, проводить для працівників ввідний інструктаж; направляє директорів

господарства матеріали в яких вказуються порушення здійснені працівниками при виконанні робочих завдань.

До недоліків у роботі з організації охорони праці на Устимівській ДСР можна віднести недостатню взаємодію головного інженера із

працівниками господарства з питання проведення інструктажів, забезпечення працівників спецодягом та засобами індивідуального

захисту, проведення атестацій робочих місць і виробничих приміщень [58, 65]. У відповідності з «Типовим положенням про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці» кожного року проводиться перепідготовка робітників. Відповідно закону «Про охорону праці» інструктажі поділяються на: вступний, первинний, повторний, позаплановий і цільовий. Вступний інструктаж проводиться з особами, які працевлаштовуються (рівень освіти не враховується). Головний інженер часто доручає проведення цієї роботи керівникам відповідних підрозділів. Записи про проведення відповідної роботи робляться у відповідному журналі та у документах, про прийняття працівника на роботу.

Первинний інструктаж на робочому місці проводять з усіма особами без винятку, які переводяться з одного підрозділу в інший, або направляються на нову роботу. Первинний інструктаж проводить керівник підрозділу на початку першого трудового дня з практичною демонстрацією безпечних прийомів і методів роботи. Позаплановий інструктаж у господарстві практично не проводиться.

Повторний інструктаж проводять на роботах з підвищеною небезпекою, як правило це стосується працівників, що задіяні у виробничих процесах, пов'язаних із внесенням пестицидів. Його здійснюють керівники виробничих підрозділів персонально або колективу робітників відповідно діючим постановам, щодо проведення інструктажу на робочому місці на початку вегетаційного сезону.

Для даного господарства характерним обов'язкове планування робіт з охорони праці:

- створення довгострокових програми з поліпшення умов праці;
- планування річних заходів з охорони праці;
- підготовка оперативних планів робіт для керівників структурних підрозділів.

На Устимівській ДСР, як і у інших аграрних господарствах, багато технологічних процесів реалізується із застосуванням токсичних хімічних засобів, біопрепаратів, супроводжується шумами та вібрацією, фізичними навантаженнями, що можуть призвести до виникнення потенційної небезпеки, яка нерідко реалізується у вигляді травм або професійних захворювань. Сучасні умови ведення робіт у господарствах потребують

нових, більш ефективних форм та методів профілактичної роботи з питань охорони праці.

Для поліпшення охорони праці на Устимівській ДСР пропонується наступне:

- приділяти особливу увагу забезпеченню працівників засобами індивідуального захисту, своєчасному і проведенню інструктажів та якісному контролю за дотриманням вимог техніки безпеки;
- при проведенні технічного огляду сільськогосподарських агрегатів та машин звернути увагу на відповідність їх технічним вимогам для забезпечення безпеки працівників;
- ретельно контролювати дотримання вимог безпеки при вирощуванні сільськогосподарських культур.

ВИСНОВКИ

За результатами проведеної експериментальної роботи можна зробити наступні висновки:

1. При проведенні фітосанітарної експертизи методом вологої камери була визначена лабораторна схожість насіння пшениці озимої сортів Благодарка одеська, Подолянка і Бунчук яка змінювалася за роками і варіювала в межах від 84,5 % до 91,5 % і рівень контамінації патогенними мікроорганізмами, який не перевищував на сорті Благодарка одеська 25 %, а на сорті Подолянка був в 1,5 рази вище.

2. Був визначений видовий склад мікрофлори на насінні пшениці озимої двома методами. Метод вологої камери дозволив ідентифікувати представників паразитичної і сапрофітної мікрофлори (*Alternaria alternata*, *Fusarium spp.*, *Cladosporium herbarum*, *Bipolaris sorokiniana*, *Mucor spp.*, *Penicillium spp.*, *Aspergillus spp.*). Метод відбитків – теліоспори твердої сажки *Tilletia caries*.

3. Поширеність патогенів варіювала по сортах і роках досліджень, але у видовому складі була досить стабільною.

4. Оцінка ефективності біологічних фунгіцидів (Пранриз, Триходермін-біо, Гаубсин) методом вологої камери неефективним. Рівень контамінації мікроміцетами був досить високим у порівнянні з хімічним протруйником.

5. Виявлені стимулюючі властивості досліджуваних біофунгіцидів і їх позитивний вплив на розвиток рослин на початкових етапах органогенезу. Спостерігалися збільшення висоти і маси надземної частини у порівнянні з контролем вдвічі. Тоді як довжина кореня в середньому збільшилася втричі, а маса в 10 разів.