

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЛОГІЇ**

КАФЕДРА БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА ХІМІЇ

МАГІСТЕРСЬКА ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

**ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ РЕПРОДУКТИВНОЇ
СИСТЕМИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН ПРИ ДІЇ
ГЕРБИЦИДІВ**

Виконав: здобувач вищої освіти
ступеня вищої освіти Магістр
освітньо-професійна програма
Екологічне рослинництво
спеціальність 201 – Агрономія
денної форми навчання
Молчанов Владислав Миколайович

Керівник: професор Таргоня Василь Сергійович

Рецензент: доцент Поспелова Ганна Дмитрівна

Полтава – 2021 року

ЗМІСТ	
ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ	4
РОЗДІЛ 1. ВПЛИВ ГЕРБІЦИДІВ НА РЕПРОДУКТИВНУ СИСТЕМУ (огляд літератури)	8
1.1. Репродуктивна система і особливості розвитку чоловічого гаметофіту озимої м'якої пшениці	8
1.2. Пилковий аналіз репродуктивної системи озимої м'якої пшениці	12
1.3. Дія гербіцидів на функціонування чоловічого гаметофіту озимої м'якої пшениці та інших культур	16
1.4. Біологічне тестування в системі генетичного моніторингу	20
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ	24
РОЗДІЛ 3. МАТЕРІАЛ, МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	26
3.1. Ґрунто-кліматичні умови проведення дослідів	26
3.2. Умови проведення досліджень	27
3.3. Методика пилкового аналізу	28
3.4.1. Методика визначення життєздатності пилку на штучному живильному середовищі	30
3.4.2. Методика визначення кількості пилкових зерен в пильовику пшениці.	30
РОЗДІЛ 4. БІОЛОГІЧНЕ ТЕСТУВАННЯ ҐРУНТУ НА ЗАЛИШКОВОЇ КІЛЬКОСТІ ГЕРБІЦИДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИЩИХ РОСЛИН	32
4.1. Сила росту насіння тест-культур	32
4.2. Схожість насіння тест-культур	37
4.3. Визначення довжини осьових органів проростків тест-культур	41
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН ПРИ ДІЇ ГЕРБІЦИДІВ	43
РОЗДІЛ 6. ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА	51
РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ	55
ВИСНОВКИ	61
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Останнім часом стає актуальним питання збереження генетичного потенціалу продуктивності сільськогосподарських рослин. Посилення антропогенного навантаження в аграрному секторі, зокрема гербіциде навантаження, може привести до дестабілізації генофонду і необоротних наслідків його деградації, тому значимість цитогенетичних досліджень постійно зростає.

Існують напрямки досліджень, які відображаються в публікаціях, де застосовуються різні критерії оцінки наслідків гербіцидної обробки на екосистему в цілому. Україна відноситься до тих регіонів, які вразливі до антропогенних факторів, де сільськогосподарські рослини постійно відчують інтенсивний вантаж діяльності людини.

Виходячи з наявної інформації вивчення всебічного комплексна впливів на геном рослин становить практичний інтерес.

Репродуктивна система кожного виду рослин індивідуальна і включає характеристики репродуктивних органів, що є важливішим елементом біології рослин. У м'якої пшениці особливість полягає у тому, що вона є алогексаплоїдом, включає три генома, які розширюють норму реакції рослин на негативний вплив біотичних і абіотичних факторів середовища. У нашій роботі ми розглядаємо дію гербіцидів, як абіотичний фактор, на репродуктивну систему через стан чоловічого гаметофіту.

Для розуміння даного процесу аналіз вивчення впливу післясходових гербіцидів на репродуктивну систему буде проводитися на двох культурах: соняшнику і пшениці. З огляду на те, що рослини в ценозі пов'язані в цілому не тільки один з одним, але і з ґрунтом, що не мало важливе значення має аналіз ґрунтового середовища.

Пшениця найбільш поширений хлібний злак на земній кулі і є провідною культурою України, яка займає лідируюче положення в аграрному секторі. Наявні роботи по генетичних оцінках дії гербіцидів на

репродуктивну систему рослин не дають повного уявлення про комплексний вплив цього полютанта. У нашій роботі була зроблена спроба комплексного аналізу факторів впливу на рослини і ґрунт в агроценозах на прикладі соняшнику та озимої м'якої пшениці. За основу був узятий аналіз пилку, який характеризується експресивністю і точністю.

Мета досліджень вивчення функціонування репродуктивної системи сільськогосподарських рослин на прикладі соняшника та озимої м'якої пшениці при дії післясходових гербіцидів Пума Супер 75, Секатор Турбо і ЄвроЛайтнінг.

Для досягнення поставленої мети ставилися наступні завдання:

1. підібрати рослинні тест-системи та визначити критерії оцінки токсичного впливу післясходових гербіцидів на аналізуємі об'єкти;
2. провести біологічне тестування ґрунту, спрямоване на виявлення залишкових кількостей препарату в ґрунті;
3. вивчити закономірності росту і розвитку осьових органів паростків тест-культур при дії післясходових гербіцидів;
4. провести аналіз цитології фертильності пилкових зерен сільськогосподарських рослин з метою виявлення стійкості генотипів до гербіциду;
5. проаналізувати залежності дії післясходових гербіцидів на репродуктивну систему пшениці за елементами структури врожаю;
6. розробити методологію оцінки адаптивних і врожайних властивостей рослин озимої м'якої пшениці при впливі післясходових гербіцидів, а також дати їх екологічне обґрунтування для селекційної практики.

Наукова новизна роботи. Вперше проведена комплексна оцінка дії післясходових гербіцидів Пума Супер 7 і Секатор Турбо в посівах озимої м'якої пшениці сорту Таня і ліній соняшнику, стійкого до гербіциду ЄвроЛайтнінг за станом репродуктивної системи вищих рослин.

Встановлено основні підходи до оцінки токсичного забруднення ґрунту післясходовими гербіцидами на основі біотестування із використанням вищих рослин в різних біологічних станах.

Вперше проведено біотестування зразків ґрунту в лабораторних умовах в пристроях з постійним підтриманням мікроклімату.

Виявлено основні критерії селекційної оцінки генотипів соняшнику і озимої пшениці, які зазнали обробку післясходовими гербіцидами, з використанням пилкового аналізу.

Вперше розроблено оцінка дії післясходових гербіцидів на репродуктивну систему вищих рослин з використанням моделей для біологічних досліджень.

Теоретична і практична значущість роботи. Результати отримані в ході досліджень можуть застосовуватися при оцінці репродуктивного потенціалу озимої пшениці в технологіях із застосуванням післясходових гербіцидів і можуть використовуватися при розробці програм зі створення гербіцидостійких ліній соняшнику в системі чистого поля. Оцінка ґрунту на забруднення післясходовими гербіцидами дозволяє застосовувати дві тестсистеми на основі вищих рослин для отримання повної картини дії токсикантів в агроценозах.

Розроблені в ході роботи біологічні моделі для Біотестування ґрунту і сушки індивідуальних рослин мають багатофункціональне значення і широкий спектр застосування.

Основні висновки.

1. Оцінка фіто токсичності ґрунту після застосування після сходових гербіцидів проводиться на основі двох тестоб'єктів які відносяться до вищих рослин, в двох станах: насіння і доросла рослина.

2. Основним критерієм селекційної оцінки генотипів соняшника і озимої пшениці, які зазнали обробці післясходовими гербіцидами, є фертильність і однорідність пилку.

3. Цитологічні показники пилку рослин пов'язані з показниками продуктивності рослин озимої м'якої пшениці, а саме: довжиною колоса, числом колосків, числом зерен, масою колоса, масою зерен, числом недорозвинених колосків, числом недорозвинених зерен, масою 1000 зерен.

4. Спадкування негативної дії післясходових гербіцидів на репродуктивну систему озимої м'якої пшениці і продуктивність рослини вивчені в поколінні.

Обсяг і структура роботи. Робота викладена на 63 сторінках машинописного тексту, матеріал подано в 13 таблицях. Вона складається з: вступу, семи розділів з описом тимчасового стану проблеми на підставі джерел літератури, описом вихідного матеріалу і методів, використовуваних при вирішенні поставлених завдань, експериментальних результатів і їх обговорення, висновків, рекомендацій для практики. Список використаної літератури включає 98 джерел.

РОЗДІЛ 1

ВПЛИВ ГЕРБИЦИДІВ НА РЕПРОДУКТИВНУ СИСТЕМУ

(огляд літератури)

1.1. Репродуктивна система і особливості розвитку чоловічого гаметофіту озимої м'якої пшениці

Озима пшениця представлена двома видами: *Triticum aestivum* L. – пшениця м'яка і *Triticum durum* Desf. пшениця тверда, що відноситься до сімейства Мятликові (*Poaceae*) [1]. Пшениця це типовий самоопилитель, хоча можливо і перехресне запилення. У більшості видів цвітіння закрите.

Цвітіння переломний момент в житті рослин, перехід від вегетативного росту до генеративного розвитку. Для утворення квіток необхідно накопичення в рослині поживних речовин і фітогормонів, в т.ч. таких що регулюють макро і мікроспорогенез [2].

Початок цвітіння даного виду залежить від умов. Пряме сонячне світло, сухість, накопичення цукрів стимулює цвітіння, затінення, надлишок азоту гальмує [3]. Цвітіння на одному колосі протікає не одночасно. Зазвичай воно починається з квіток, що знаходяться трохи нижче середини колоса, і йде по черзі до вищерозташованих і до нижчерозташованих колосків колоса, верхні і нижні колоски відцвітають останніми [4].

Продуктивність квіток залежить від терміну їх цвітіння. Як правило, найбільш велике зерно формується в квітках перших термінів цвітіння [5].

Суцвіття складний колос, який складається зі стержня колоса і колосків. Стрижень колоса колінчастий, складається з члеників, в місцях їх зчленування утворюються виступи, на яких розташовуються колоски. Колосок складається з двох колоскових луски, в яких розташовуються квітки. Кількість квіток в колоску 2-5, кількість зерен 2-3 [6].

Колосок складається з двох квіткових лусок зовнішньої (нижньої) і внутрішньої (верхньої), м'якшою, ніж колоскові. У остистих сортів зовнішня квітова луска несе ость. Колоскова луска має киль, колосковий (кільової)

зубець і плече. Між квітковими лусками знаходиться маточка з верхньою зав'яззю і дволопатеvim пір'ястим рильцем, три тичинки і дві безбарвні пльовчки (лодікул), що сприяють при набуханні розкриття квітки. Довжина колосків 7-13 см, кількість колосків у колосі 1224 [7].

Пилок розвивається в пильовиках тичинок. Пилкове зерно це спеціалізована структура, яка включає спермії, або чоловічі гамети квіткових рослин. Слово «пиллок» (pollen) введено шведським вченим ботаніком Ліннеєм в 1760 р, яке означає сухість і сипучість. Пилкове зерно складається з двох або трьох клітин, об'єднаних в одне ціле [8].

Сукупність чоловічих генеративних органів в квітці називається андроцеєм. Формування мікроспор мікроспорогенез відбувається в пильовиках тичинок мікроспорангіях. Утворилися мікроспори потім проходять наступний цикл розвитку гаметогенез, в результаті якого в квітці формується чоловічий гаметофіт пиллок [9].

Кількість пилку в пильовику різних культур варіює від декількох десятків до декількох мільйонів, наприклад у кукурудзи 1,5 млн. шт., а кількість пилку у пшениці становить 3000 5000 шт. [10; 11].

Розвиток пилкових зерен в пильовику, починається з моменту закладення горбків тичинок в конусі наростання квіткової бруньки, які дають початок двом утворень. З нижньої частини його розвивається тичинкова нитку, з верхньої пильовик [12].

Тичинкова нитка розвивається з меристеми і складається з епідермісу і тонкостінної пухкої паренхіми, в середині її проходить судинний пучок з кільчастих і спіральних судин ксилеми [13]. Елементи флоєми слабо виражені або відсутні. Нитки тичинок можуть зростатися підставами, або по всій довжині нитки, утворюючи тичинкову колонку, як у гарбузових і мальв. У деяких сімейств зростаються не нитки, а самі пильовики, утворюючи при цьому пильникову трубку, а тичинкові нитки залишаються вільними (складноцвіті). Тичинкова нитка ділиться на коротку (сидячі пильовики) і

довгу, яка еластична як, наприклад, у вітрозапилюваних злаків, іноді трапляються випадки, коли нитки відсутні або зовсім не розвиваються [14].

Розмір пилкових зерен дуже сильно варіює, але у більшості рослин не перевищує 50 мкм. [15]. Відомо, що у деяких культур розмір пилкового зерна строго індивідуальний в залежності від генотипу. Діаметр пилкових зерен у томата культурного варіює від 21,3 до 23,9 мкм, а пшениці 25,1 73,1 мкм в довжину, 23,2 64 , 2 мкм завширшки [16].

У цитологічних дослідженнях встановлено, що форма пилкового зерна у пшениці буває екваторіальної поровою, яйцевидною, широкояйцевидною, еліпсоїдальною і кулястою, а в контурі овальні, широкоовальні, еліптичні і округлі [17]. Кожне зерно покрите складно влаштованою оболонкою спородермі, що складається з двох шарів внутрішнього (інтіни) і зовнішнього (екзіни). Екзіна містить унікальний біополімер спорополенін. Завдяки його неймовірній хімічній стійкості пилок не руйнується навіть при кип'ятінні в розчинах концентрованих кислот і лугів [18].

Температура для проростання пилку пшениці варіює від 4 до 20°C, найбільш оптимальні 20 25°C при вологості 80 90%, тоді як при жаркій і сухій погоді пилок пересихає і втрачає свою життєздатність. За даними ряду авторів, встановлено, що до складу пилку входять вуглеводи (34%), каротиноїди, їх частка становить від 0,7 до 0,212 мг на 100 гр. сухого пилку. У ній так само містяться вітаміни, мінерали, в цілому перебувають 28 елементів, і є стимуляторами фізіологічних процесів в будь якому живому організмі [19; 20].

У пилкового зерна є на спородермі апертури, які мають різну форму і структуру. Розрізняють: пори, борозни, борідки, щілини або просто витончені, нечітко окреслені ділянки екзіни. Апертури бувають прості і складні. Наявність різних апертур дозволяє ідентифікувати пилкові зерна при проведенні пилкового аналізу [21; 22].

Основна функція чоловічого гаметофіту (пилкового зерна) складається в доставці чоловічих гамет (сперміїв) до зародкового мішка, де і здійснюється подвійне запліднення [23].

Послідовність подій, що відбуваються після запилення і призводять до успішного запліднення, включає в себе потрапляння життєздатного пилкового зерна на поверхню рильця, його гідратацію і проростання, проникнення пилкової трубки в тканини рильця, зростання пилкової трубки в провідникових тканинах стовпчика, проникнення пилкової трубки в зародковий мішок, і на закінчення, злиття гамет в процесі подвійного запліднення [24].

Встановити реакції рослин на дію різних факторів навколишнього середовища дозволяє визначити критичні періоди на певних етапах онтогенезу. Слід зауважити, що будь які фактори середовища найбільшою мірою впливають на розвиток генеративних органів (товкач, тичинка), і при несприятливих умовах цей процес порушується, що може привести до зниження продуктивності рослин і відбитися на врожаї.

Зниження врожаю зерна, пов'язане з розвитком аномальних пилкових зерен, залежить і від тривалості дії несприятливих чинників, а саме високі температури, посуха, вологість повітря, різні чинники антропогенного походження, а так само хвороби [25].

У фазі кушіння пшениці за тривалої посухи відбувається зменшення числа продуктивних пагонів рослин, некроз при закладанні колосків у колосі, а в фазі трубкування порушується процес утворення тканини формування квіток і генеративних клітин, що може привести до зниження маси зерна.

За даними Батигін Т. Б. (1974) встановлено, що критичним чинником формування врожаю зернових культур є нестача вологи. Зниження врожаю зерна за посухи пов'язано зі збільшенням кількості стерильною пилку, що є результатом порушення редукційного поділу [26].

Вологість повітря також визначає урожай зерна. Найбільш небезпечна повітряна посуха в період формування квітки і його елементів, так як знижується фертильність пилку, що призводить до безпліддя квіток [27].

В утворенні врожаю зернових культур і підвищенні стійкості рослин до несприятливих факторів середовища велику роль відіграють мікроелементи. Злакові культури гостро реагують на потребу в мінеральному живленні, так у пшениці, недолік азоту в фазі кушіння і формування колоса призводить до зниження числа колосків, що в подальшому знижує врожай. В період формування колоса рослинам необхідна достатня кількість фосфору [28].

Відомо, що при «мідному» голодуванні рослини пшениці не спостерігається формування суцвіть. Вкрай важливим елементом харчування для пшениці є бор, так як він необхідний для формування генеративних органів і здійснення запліднення. Його дефіцит призводить до аномального органогенезу, порушення процесу утворення класів, їх виходу з трубки [29].

1.2. Пилковий аналіз репродуктивної системи озимої м'якої пшениці

Пилковий аналіз це метод дослідження, що дозволяє визначати репродуктивний потенціал рослин по характерних морфологічних особливостях пилкових зерен: розміру, рисунку екзینی пилкового зерна, його фертильності і життєздатності. Всі ці характеристики дуже важливі при проведенні селекційних робіт з метою отримання продуктивного потомства. Пилкові зерна є частиною рослини, тому зміна їх базових характеристик можуть позначитися на фертильності і репродуктивній здатності рослини.

Цитологічні методи дослідження на спорофітах включають кілька методів: вивчення проходження фаз мітозу в меристемах пагонів і корінців рослин, а так само мейозу в квіткових нирках рослин. До цитогенетичних тестів на гаметофітах відносять тести на мікроядра в тетрадах мікроспор, а також проходження мітозу в пилкових зернах і пилкових трубках [30].

У цитологічних дослідженнях часто використовуються полігенні ознаки: фертильність і стерильність, пророщуємість пилку [31].

Пилковий тест добре зарекомендував себе в генетичному моніторингу агроценозів [32]. При використанні пилку рослин в якості тестсистеми для моніторингу, скринінгу і виявлення токсичної дії мутагенів необхідно

враховувати такі її генетичні характеристики як: вид, форма, стерильність і життєздатність, вміст білків і крохмалю, пошкодження пилкової оболонки, зростання пилкових зерен [33].

Переваги пилкового тесту:

1. технічно простий у використанні;
2. не дорогий у використанні;
3. дозволяє отримати результат за короткий проміжок часу.

З досліджень деяких вчених встановлено, що на різні морфологічні характеристики (поверхню пилкового зерна, діаметр, розмір) впливає безліч факторів біотичного, абіотичного, а так само антропогенного походження. Аномальні пилкові зерна можуть впливати на фертильність, тим самим знижуючи репродуктивний потенціал культурних рослин [34].

Пилковий аналіз використовується як метод визначення плоідності рослин, де за наявністю фертильних і життєздатних пилкових зерен можна судити про успішність селекційних робіт при віддаленій гібридизації. Для високого отримання стабільного врожаю зернових культур необхідна достатня кількість якісного насіння рослин з високою схожістю. Отримання якісного насіння рослин, зокрема, залежить від якості пилкових зерен, яке визначається нормальним морфогенезом пильовика.

Пилковий аналіз успішно може бути використаний для оцінки цитогістологічного статусу зрілих пильників рослин, що було продемонстровано на остролодочник подібному (*Oxytropisambigua* (Pall.)), педставника сімейства бобових [35].

В результаті дослідження були включені наступні показники: аналіз кількості якісних пилкових зерен (фертильних, без аномалій) і аномальних пилкових зерен в зрілих пильовиках.

При оцінці статусу адаптивності генотипу до умов середовища якість пилкових зерен є одним з важливих показників його репродуктивної біології, багато в чому визначає здатність розмножуватись рослин до утворення

повноцінного, якісного насіння. Для відтворення популяцій необхідно збереження нормального проходження мікро і макрогаметогенеза.

Багато авторів активно обговорюють проблему утворення різного роду аномалій пилкових зерен [36]. Якість пилкових зерен є одним з найважливіших факторів репродуктивної біології, яка багато в чому визначається здатністю розмножувальних рослин до утворення повноцінного якісного насіння.

Мікроспоро і мікрогаметогенез оцінюють як функціонально адаптивні процеси, в числі інших факторів забезпечують надійність відтворення популяцій рослин. Якість пилкових зерен пов'язано з поняттям «реальна насіннева продуктивність» найважливішим показником оцінки механізмів насінневого розмноження.

На думку Круглової А. Е. (2011), поняття «дегенерація» розцінюється як зупинка в розвитку і подальшому порушенні процесу розвитку пилкового зерна, так у остролодочника східного це відібується на спорогенних клітинах, мікроспорія з невакуолізованою, слабовакуюлізованою і сильновакуюлізованою фазами, мікроспороцитів.

Підсумком процесу дегенерації пилкового зерна слід вважати стерильність. До стерильного пилку в зрілих пильовиках остролодочника східного слід віднести не тільки всі аномальні пилкові зерна, а й нежиттєздатні пилкові зерна нормальної морфології, що не проростають на оптимізованому живильному середовищі. Тим самим поняття «стерильність» ширше поняття «аномальність» [37].

Крім поняття «аномальність пилку» слід розрізняти поняття «дефектність пилку», до них відносяться ті зрілі пилкові зерна, які відрізняються від нормальних слабким фарбуванням ацетокарміном або йодним розчином, формою, величиною.

На думку Купріянова П. Г. [38], необхідно розуміти, що в зрілому пильовику, у рослин з високою репродуктивною здатністю, крім фертильного

(нормального) пилку є деяка кількість аномальних (абортивних, стерильних) пилкових зерен.

Порушення розвитку пилкових зерен це захисна реакція рослинного організму на вплив негативних (несприятливих) зовнішніх чинників, яке відображається в критичні періоди розвитку пильовика в квітці.

Відомо, що на якість пилкових зерен можуть впливати різні чинники: спосіб розмноження, цитоплазматична стерильність, внутрішньовидова гібридизація, антропогенне забруднення навколишнього середовища, ядерна чоловіча стерильність [39].

Життєздатність пилкових зерен тісно пов'язана з таким поняттям репродуктивної біології як «достатність запилення». Життєздатність пилку під цим терміном розуміють здатність фертильного пилку проростати на рильце маточки при наявності сприятливих умов запилення [40].

Життєздатний (тобто живий) пилкок фізіологічно дуже активний. Розроблено багато методів визначення життєздатності пилку, проте універсального методу, придатного для всіх рослин немає. З усіх методів дослідження життєздатності пилку в селекційних роботах основне значення має метод пророщування пилку в штучному живильному середовищі і спостереження за проростанням пилку безпосередньо на рильці маточки, а також методи фарбування, рекомендовані для свіжозібраного пилку [41; 42].

Фертильність пилку це здатність виробляти запліднення. Визначається за ступенем сформованості (зрілості) пилкового зерна на основі декількох методів. Фертильність пилкових зерен визначають їх фарбуванням барвниками, наприклад, ядерними ацетокарміном або ацетоорсеїном [43]. У фертильних пилкових зерен зерниста цитоплазма і спермії фарбуються в яскраво карміновийчервоний колір. Стерильні пилкові зерна, в свою чергу майже не забарвлюються ацетокарміном або фарбуються нерівномірно. Сперміїв в таких пилкових зернах немає, а вміст пилку виходить за межі пилкового зерна [44; 45].

Стерильність пилкових зерен нездатність зрілого пилку до оплодотворення. Летальність пилкових зерен може бути викликана як генами ядра, генами цитоплазми або взаємодією генів ядра і генів цитоплазми. Стерильність пилку у рослин може бути викликана впливом умов зовнішнього середовища, позаядерними спадковими детермінантами (цитоплазматична стерильність пилку), генетичними дефектами розвитку. Нежиттєздатною виявляється пилкок у рослин з непарної поліплоидією в зв'язку з неможливістю правильної розбіжності хромосом в мейозі. Зустрічаються випадки часткової стерильності пилку у рослин, що позначається термінами полустерильність або полуфертильність.

1.3. Дія гербіцидів на функціонування чоловічого гаметофіту озимої м'якої пшениці та інших культур

Насіннева продуктивність, як складова репродуктивного процесу, є одним з важливих показників життєздатності виду в конкретних умовах.

Реальна насіннева продуктивність може знижуватися під дію різних зовнішніх факторів температури ґрунту і повітря, вологості, довжини світлового дня і інтенсивності освітлення, умов погоди конкретного сезону, що приходять на такі фенофаз, як цвітіння і дозрівання плодів [46]. Важливу роль в плодоутворенні грають чинники, пов'язані з особливостями будови і розвитку репродуктивних органів, а саме дефектна пилкок, аномальні зміни зародкового мішка, невелика кількість пилкових зерен в гніздах пильовика і ін.), які визначаються генотипом [47].

При несприятливих умовах навколишнього середовища порушується процес розвитку генеративних органів рослини. Антропогенне забруднення середовища помітно знижує фертильність пилку, викликає розширення спектра аномалій чоловічого гаметофіту у квіткових і впливає на морфологічні особливості пилкового зерна, розмір, плоїдність, хімічний склад і функціонування чоловічого гаметофіту [48]. Дослідження реакції

рослин на дію будьяких факторів дозволяють виявити найбільш чутливі фенофази і критичні стадії в розвитку репродуктивних структур.

У сучасному світі на навколишнє середовище все більше доводиться антропогенний вплив. Одним з таких втручань є хімічне забруднення екосистеми, речовинами абіотичного походження, до числа яких відносяться пестициди, які широко застосовуються при вирощуванні сільськогосподарської продукції [49].

Бур'яни можуть завдати непоправної шкоди культурним рослинам і знизити врожайність на 50–70%. Вони використовують з кореневого шару ґрунту величезна кількість води, макро і мікроелементів.

Так як чутливість чоловічого гаметофіту рослин залежить від зовнішніх факторів і реагує на їх зміну, то пилкової тест стали широко застосовувати при цитогенетичному моніторингу агроценозів. Цей метод дозволяє проводити облік аберантного пилку і за короткий проміжок часу отримати первинну інформацію про ступінь генетичної стабільності виду і екосистеми в цілому [50].

Механізм дії гербіцидів полягає в багатосторонньому впливі на ріст і розвиток цілої рослини і його органів, клітин і тканин, на фізіологічні процеси, ферментативні реакції, білкові і клітинні структури, а так само різні органели клітин. Комплексна оцінка ценозу дозволяє вловити механізм дії гербіцидів на рослини і ґрант. Дія гербіцидів, в першу чергу, визначається його взаємодією з чутливими органами рослин на молекулярному і клітинному рівнях.

Механізм дії гербіцидів пов'язаний з поведінкою і характером речовини токсиканта в рослині, а так само з поглинанням, а потім переміщенням його по тканинах. Вплив гербіцидів полягає в порушенні процесів утворення органічних сполук в ході фотосинтезу, процесів генерування енергетичних і хімічних зв'язків при диханні і окисного фосфорилування. Відбувається уповільнення синтезу білків, нуклеїнових кислот, клітковини і крохмалю, алкалоїдів, пектину, кумаринів, антоціана, фітогормонів, танінів, розпад і

утворення низькомолекулярних органічних сполук, необхідних для нового синтезу [51].

Стійкість рослин до гербіцидів визначається сукупністю морфологічних, фізіологічних і біохімічних чинників, від яких залежить співвідношення кількостей потрапив на рослину, поглиненого і зруйнованого токсиканти. Якщо швидкість детоксикації гербіциду дорівнює швидкості його надходження в місця дії, рослина виявляє стійкість [52].

Роботи по встановленню впливу забруднювачів, в тому числі і гербіцидів проводилися на багатьох культурах: кукурудзі, соняшнику, бавовнику, ячмені, томати.

За результатами досліджень багатьох авторів було встановлено, що полютанти, в тому числі і гербіциди, чинять негативний вплив на процеси мікроспорогенеза, зачіпають різні стадії мітозу і мейозу, що в подальшому може призвести до порушення формування пилкових зерен при цьому вони втрачають фертильність і життєздатність [53; 54].

В роботі Очнева А.С. було показано, що кукурудза є високостійкою до важкорозчинних сімтріазинів. Це пояснюється наявністю в клітинному соку кукурудзи спеціальних ферментів, здатних інактивувати глюкозиди і бензоксазин, які руйнують гербіцид хімічно. Клітинний сік кукурудзи, що містить великий відсоток ферменту пероксидази, майже повністю розкладає сімазин. Застосування ацетала, прімеркстри, Харнес, трофі, дуал і інших ґрунтових гербіцидів в рекомендованій дозі і навіть в подвійній дозі не впливає на мікроспорогенез. Однак вплив післясходових гербіцидів, таких як титус, магрої базис, які на сьогоднішній день найбільш часто використовуються по сходам кукурудзи, особливо на ділянках гібридизації, практично недостатньо вивчені в плані пильцеутворюючої здатності кукурудзи, повноті запилення жіночих суцвіть пилком волоті рослин, оброблених гербіцидами [55].

Для соняшнику, культури з перехресним типом запилення, якість пилку особливо актуально в біології цвітіння. Поява стерильних пилкових зерен

може призводити до зниження зав'язі насіння в кошику. При проведенні пилкового аналізу важливим є встановлення залежності між генотипом досліджуваних ліній соняшнику і їх стійкість до токсикантів. У межах своїх досліджень на визначення впливу гербіцидів на репродуктивну систему соняшнику було встановлено, що значного зниження фертильності у оброблених гербіцидом Євро Лайтнінг ліній соняшнику не відбувалося. Для культури соняшник фертильність пилку в нормі досягає 90-100%. У всіх випадках із застосуванням гербіцидів фертильність пилку була в межах норми. В роботі по виявленню впливу гербіцидів на репродуктивну систему соняшнику було проведено аналізу зміни частки основного типу пилкових зерен в залежності від обробки гербіцидом.

У рослин соняшнику важливою якістю пилку є її фертильність і однорідність. Було виявлено, що пилки всіх вивчених ліній гербіцидостійкого соняшнику характеризувалася неоднорідністю, тобто виділялися великі і дрібні пилкові зерна і злиплі, що є основною характеристикою пилкової продуктивності вивчених рослин.

За результатами досліджень Козлової Є.В. [56] встановлено, що вплив гербіцидів Грассер і вівсюг Експрес на фертильність пилку ярої пшениці привело до збільшення частки аномальних пилкових зерен в 1,2 і 1,9 рази в порівнянні з контрольним варіантом, а так само зростала частота порушень формування оболонки пилкового зерна, більш ніж в 2 рази в порівнянні з контролем. При аналізі виділяли наступні ознаки: пилкові зерна без вегетативного ядра, порожні, дегенеративні, з одним спермієм, з відставанням цитоплазми, з відсутністю сперміїв з кількома ознаками.

При визначенні фертильності пилку пшениці, після обробки іншими гербіцидами було відзначено збільшення частки аномальних пилкових зерен на 14,0% і 20,5% в порівнянні з контрольним варіантом на варіантах, оброблених гербіцидами Фенізан і Секатор. У свою чергу, в варіанті з застосуванням триатлону фертильність була в 2 рази нижче контролю, що

виразилося в загальному зниженні частки аномальних пилкових зерен в основному за рахунок зменшення частоти дефектів оболонки [57].

1.4 Біологічне тестування в системі генетичного моніторингу

Генетичний моніторинг це наукова дисципліна, в рамках якої розробляється методологія оцінки надходження, накопичення і процес впливу в навколишньому середовищі гено токсичних речовин, вивчення спектру мутаційного впливу, а так само здатність викликати той чи інший вид генетичних порушень. Гено токсиканти це речовини і агенти, здатні індукувати мутації в клітинах організмів (статевих і соматичних), що є причиною успадкованих змін в першому випадку і бластомогенеза у другому. Оцінка фітотоксичності ґрунту є одним з методів генетичного моніторингу рослинних систем, тому що дозволяє виявити залежності між забрудненням ґрунту поллютантами і впливом їх на репродуктивну систему вищих рослин.

Найбільш перспективними дослідженнями фітотоксичності ґрунту, а також тестуванням забруднення води пестицидами є біотестування. Біотестування процедура встановлення токсичності середовища за допомогою тест об'єктів, що показують присутність отруйних речовин зі зміни життєво важливих функцій у тест об'єктів. Біологічні тест системи показують загальний індекс токсичності зразка і дозволяють в короткі терміни визначити присутні чи ні в середовищі токсичні агенти в небезпечній для живого організму концентрації.

При дослідженнях фітотоксичності ґрунту або інгібуючої дії хімічного препарату на ріст і розвиток рослин необхідно точно підбирати системою тестування, тому що кожен біологічний об'єкт має індивідуальний відгук на токсичні агенти. Тест на проростках досить простий і має швидкий відгук, що скорочує час на проведення досліджень, аналіз ведеться за кількістю пророслих і не пророслого насіння. Однак є недолік даного тесту для біотестування і він полягає в тому, що на перших етапах онтогенезу насінневих культур розвиток

організму відбувається за рахунок білків ендосперму, тому вловити токсичний ефект аналізованих гербіцидів не завжди вдається [58].

В даний час рослинні тест системи добре обґрунтовані і широко використовуються для оцінки якості навколишнього середовища. Рослини домінують в будь якого ландшафті, вплив на них може змінити структуру і функції екосистеми, що веде до зниження первинної продуктивності, збільшення поверхневого стоку і ерозії ґрунтів, деградації довкілля. Відповідна реакція рослин на вплив оцінюється на різних рівнях біологічної організації від ДНК і хромосом до організму і популяції.

Ефекти забруднення спочатку проявляються на молекулярному рівні, що робить аналіз відповідних реакцій клітини швидким і зручним інструментом для ранньої діагностики впливу.

Для рослин характерні високі темпи розвитку, швидка зміна фаз онтогенезу. Вони виробляють велику кількість нащадків, що відкриває широкі можливості для дослідження спадкових ефектів.

Генетична ідентичність використовуваних в цілях біоіндикації рослин може бути досягнута шляхом вегетативного розмноження. Методики роботи з більшістю рослинних тест-систем детально відпрацьовані і носять стандартизований характер. Це не вимагає високої кваліфікації персоналу, а сам тест відносно недорогий і дозволяє використання більшості рослинних тест-систем. Поведінка полютантів в ґрунті досить добре вивчені, проте, наслідки впливу комплексного впливу пестицидів на біо і агроценози, фітопопуляцію в допустимих концентраціях досліджені недостатньо.

Залишки агрохімікатів в ґрунті і рослинах вступають в складні взаємодії різного характеру, включаючи антагонізм, синергізм, адитивність. Для отримання повної картини забруднення агроценозів необхідно проводити дослідження в двох і більше напрямках. Повинні удосконалюватися методи інструментального хімічного аналізу з застосуванням ряду біоіндикаторів, що відносяться до різних таксономічних груп.

Застосування організмів, що реагують на забруднення середовища проживання зміною візуальних ознак, має ряд переваг. Воно дозволяє істотно скоротити або навіть виключити застосування дорогих і трудомістких фізико-хімічних методів аналізу. Біоіндикатори інтегрують біологічно значущі ефекти забруднення, які дозволяють визначати швидкість змін, що відбуваються, шляхи і місця скупчення в екосистемах різних токсикантів, робити висновки про ступінь небезпеки для людства і навколишнього середовища конкретних речовин або їх поєднань.

Спеціальні біотести для визначення забруднення середовища залишками пестицидів, солями важких металів, мікотоксинами і іншими агентами зводяться до оцінки ступеня зміни показників біоти (морфометричних, фізіологічних і біохімічних). Порушення розвитку тест-рослин, як біоіндикаторів, відображаються в зміні схожості і енергії проростання насіння, розмірів коренів і паростків проростків, а так само в пошкодженні рослин під впливом поллютантів.

У нашій країні для оцінки фітотоксичності ґрунту використовується значна кількість методів, що проводяться з використання різних культур: озимої та ярої пшениці (*Triticum aestivum L.*), гречці (*Fagopyrum L.*), білої гірчиці (*Sinapis alba L.*), крес-салаті (*Lepidium sativum L.*), вівсі (*Avena L.*), сої (*Glycine L.*), льоні (*Linum L.*), огірку (*Cucumis L.*), редисці (*Raphanus sativus L.*).

На гірчиці, як тест-культурі, оцінюють ступінь інгібування первинного корінця проростка при обробці насіння противодудольним гербіцидом за показниками гальмування приросту листя надземної маси проростків і в'янення рослин [59].

Овес і рис використовують як індикатори ґрунтових протизлакових гербіцидів, вони є найбільш чутливими видами серед злакових культур. Основним тестом є гальмування росту зародкового кореня і листа [60].

Редис і крес-салат є традиційними біотестерами при дослідженні залишків пестицидів в ґрунті і повітрі. Вони є найбільш високочутливими до токсичних препаратів, і визначаються високою енергією проростання

насіння. Тест триває 7-14 днів. При наявності шкідливих речовин знижується відсоток схожості і пригнічується ріст зародкових корінців [61].

Проаналізувавши літературу багатьох вчених можна припустити, що можливо незабаром будуть створені сорти (лінії) культурних рослин чутливі до забруднення, для проведення біоіндикації, а це призведе до пошуку успішного вирішення проблеми екологічного стану навколишнього середовища, але, на жаль, в даний час подібні сорти і лінії відсутні, в цьому випадку у дослідників зусилля повинні бути спрямовані на пошук інформативних і перспективних форм, а так само роботу з ними.

Для оцінки токсичності гербіцидів використовують крім насінневих культур рясковий тест, тобто як тестуючий об'єкт виступають водні вищі рослини сімейства ряскових *Lemnaceae*, які характеризуються простотою будови, великою швидкістю розмноження і високою чутливістю.

Серед видів рясок для біотестування використовують ряску малу (*Lemna minor L.*), ряску горбату (*Lemna gibba L.*), багатокорінник звичайний (*Spirodella polyrrhiza L.*). У природі Ряскові особливо добре ростуть в досить збагачених поживними речовинами (фосфати, нітрати, аміак), водоймах.

При біологічному аналізі забруднення ґрунтів на основі водної витяжки за допомогою видів рясок використовують такі показники: кількість листецю і їх діаметр, наявність або відсутність коренів, а також їх кількість, колір, крім цього аналізують довжину коренів, суху або сиру біомасу, інтенсивність фотосинтезу, зміст хлорофілу. Тривалість тестування від 3 до 14 діб.

За літературними даними комплексних досліджень дії гербіцидів на репродуктивну систему озимої пшениці знань ще недостатньо. Однак, є деякі підходи до оцінки і спостереження за елементами агроценозів, присутня фрагментарність таких робіт. Розробка конкретних підходів до вирішення даної проблеми дозволить зробити цей метод інформативним, швидким і затребуваним селекційної практикою.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ

У роботі були використані дві культури різні по геномному складу: диплоїдна форма соняшнику *Helianthus annuus* L. (2п = 34) і алогексаплоїдна форма пшениці *Triticum aestivum* L. (2п = 42).

Соняшник є однорічною культурою, має стебло, що досягає у висоту до 1,6 метрів, серцеподібнотрикутні листя, розміщені на стеблі почергово. Потужне стебло увінчане великим суцвіттям кошиком, діаметр становить 15-25 см.

Квітки соняшнику зібрані в суцвіття багатоквітковий верхушечний кошик, що має форму круглого плоского диска. Нижня частина суцвіття оточена зеленими черепицеподібними розташованими листочками, тоді як квітки в центральній частині кошика відрізняються більш дрібними розмірами і яскравожовтим кольором.

Соняшник перехрестоопиляема культура, пилок якої переноситься з квітки на квітку комахами, в основному бджолами, а також вітром. Цвітіння настає через 20-30 днів від початку формування кошика і триває 23 тижні. Кількість пилку в пильовику не однаково і залежить від сортів соняшнику.

Іншою культурою, яка є однодольною культурою, в дослідженні була озима м'яка пшениця сорту Таня. Сорт напівкарликовий, висота рослин 80-85 см, високостійкий до вилягання.

Сорт Таня формує продуктивний колос, в середньому маса зерна колоса становить 1,2 гр., з масою 1000 зерен від 36 до 46 грамів.

Пшениця в основному самозапильована культура. При нормальних умовах вегетації через 4-5 днів після формування колоса настає цвітіння, яке триває 3-6 днів. Починається цвітіння з середини колоса і поступово переходить до низу і верхівки колоса. У колоску спочатку цвітуть бічні (нижні) квітки, а потім середні [62].

На посівах соняшнику для боротьби з бур'янистою рослинністю застосовували гербіцид нового покоління ЄвроЛайтнінг похідні

імідазолінонів з системи CLEARFIELD®, в перекладі з англійської мови *clearfield* означає «чисте поле» [63; 64]. За характером ураження рослин гербіцид вибіркової (селективної) дії. Залежно від характеру дії на рослини системний гербіцид, що проникає через листя та інші надземні органи.

Кожне з двох діючих речовин гербіциду (імазапир, 15 г/л, і імазамокс, 33 г/л) ефективно саме по собі, а їх комбінація дозволяє отримати ефект, що не можна порівняти з дією інших гербіцидів. Він знищує практично всі розповсюджені бур'яни, в тому числі проблемні, такі як амброзія, осоти, підмаренник, канатник, лобода біла та, що дуже важливо, вовчок надзвичайно шкідливого паразита соняшнику [65; 66].

У багатофакторному досліді при вирощуванні озимої м'якої пшениці використовували Секатор Турбо похідні сульфонілсечовини (містить 25 г/л йодосульфуронметілнатрію, 100 г/л амідосульфурон, 250 г/л мефенпирдіетил (антидот)), високоселективний гербіцид для застосування на посівах пшениці, ячменю, кукурудзи і льону довгунця проти однорічних та деяких багаторічних бур'янів, застосовують з 2001, гербіцид системної дії [67].

Гербіцид Пума Супер 75 Діюча речовина: мефенпирдіетил (75 г/л), феноксапроп-П-етилу (69 г/л) Емульсія олійно-водна, високоселективний гербіцид для післясходової обробки пшениці проти широкого спектра однорічних злакових бур'янів. Гербіцид системної дії [68].

РОЗДІЛ 3

МАТЕРІАЛ, МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Ґрунто-кліматичні умови проведення дослідів

Господарство розташовується в центральній ґрунтовокліматичній зоні області. Ґрунт дослідних ділянок чорнозем вилужених слабогумусні надпотужний важкосуглинисті. Чорноземи вилужені мають високу водопроникність, гігроскопічність і найменшу вологемність.

За даними метеостанції знаходиться в зоні помірного зволоження. Клімат формується під впливом комплексу фізикогеографічних умов. Завдяки своїм становищем майже вся територія області отримує велику кількість сонячного тепла (сумарна радіація в літній період складає 48, а взимку 12 кал/см). Літо спекотне, зима малосніжна з частими відлигами. Середньорічна температура $+10,7^{\circ}\text{C}$; середній максимум до $+38^{\circ}\text{C}$ (липень); середній мінімум $2,3^{\circ}\text{C}$ (січень). Сума позитивних температур повітря на території області досягає $4000-4050^{\circ}\text{C}$. Сума температур вище 10°C рівна 3600°C , що дозволяє вирощувати всі польові культури. Майже щороку бувають зниження температур до 22°C , а в літні місяці температура повітря іноді сягає $+38400^{\circ}\text{C}$. Тривалість безморозного періоду 191-193 днів. Перші заморозки в третій декаді жовтня, останні в першій декаді квітня, глибина промерзання ґрунту до 13 см.

Погодні умови 2020-2021 сільськогосподарського року в цілому можна охарактеризувати як сприятливі для росту і розвитку рослин озимої пшениці.

У період проведення досліджень погодні умови не завжди складалися сприятливо для розвитку пшениці і інколи відрізнялися різкими температурними аномаліями, як в літній, так і в зимовий періоди. Щорічне зростання літніх температур повітря в цей період викликало збільшення середньорічної температури на $1,2^{\circ}\text{C}$ в порівнянні з середньобагаторічними.

Погодні умови сільськогосподарського року 2020-2021 рр. Осінь 2020 року була прохолодною. Незвично холодна погода змінилася тривалим періодом теплої погоди в грудні і першій половині січня. Оподи випадали у вигляді дощу, мокрого снігу. Агрометеорологічні умови для формування урожаю озимих культур у вегетаційний період 2020-2021 рр. склалися малосприйнятливими. Оподи, що випали в жовтні забезпечили добре зволоження ґрунту, але недолік тепла в другій половині жовтня стримував розвиток озимої пшениці. У листопаді почався період спокою зернових. Перезимівля озимої пшениці проходила в складних погодних умовах.

Весна була пізньою, характеризувалася підвищеним температурним режимом і недобором опадів. Завдяки аномально теплій погоді і достатку вологи в ґрунті в квітні озимі культури активно росли і розвивалися. У озимих тривало кущіння, початок закладки колоса, зростання соломини. У травні погодні умови знову погіршилися. Недобір опадів в квітні-травні в поєднанні зі спекотною суховійними погодою і інтенсивна витрата вологи на транспірацію зумовили зниження запасів вологи в ґрунті до початку наливу зерна. Дозрівання озимих проходило при сприятливих умовах, прибирання почалася з третьої декади червня.

3.2. Умови проведення досліджень

Під час експерименту висівали оригінальне насіння на ділянках 1,0м x 2,0м в 3х кратній повторності, загальна площа ділянки 36 м², два варіанти досвіду, контроль і варіанти з обробкою.

Попередником озимої пшениці на стаціонарному досліді був озимий ріпак. Основний обробіток ґрунту полягав в фрезеруванні на глибину 8-10 см і передпосівної культивуації на глибину 5 см., добрива вносилися в дозі N₈₀P₈₀K₆₀ під передпосівну культивуацію. Напрямок сівби поперек напрямку внесення добрив і останньої культивуації. Сівбу проводили ручним способом в оптимальний для центральної зони області термін з 1 по 10 жовтня, глибина загортання насіння 4-6 см. У фазі кущіння озимої пшениці (квітень) на

варіантах проводили хімічну прополку сумішшю післясходових гербіцидів Секатор Турбо 0,1л/га і Пума Супер 75 в дозі 0,6 л/га з витратою робочого розчину 200 л/га агрегатом Білорусь 1225 + Каї.

Прибирали озиму пшеницю (кінець червня початок липня в залежності від погодних умов) ручним способом при вологості 8,6-12,3%. Насіння досліджуваних рослин зберігалися в індивідуальному контейнері для сушіння малих партій насіння.

Дослідження щодо впливу гербіцидів проводили не тільки на культурі пшениці, але і на лініях гербіцидостійкого соняшнику, на дослідному полі. Попередником була озима пшениця, посів здійснювали за традиційною для цієї культури схемою, тобто по одній рослині в гнізді після проривки при розстановці 70x35 см. Посів проводився ручними саджалками. В одне гніздо поміщали по дві-три сім'янки. Кожен рядок включав в себе по 25 гнізд. Протягом вегетації проводили дві міжрядні культивації та ручну прополку протягом усього сезону.

Обробку соняшнику здійснювали гербіцид ЄвроЛайтнінг в дозі 1,2 л/га проводили на початку червня, коли рослини досягали стадії трьох пар справжніх листків. Ручним пульверизатором обробляли кожну рослину, причому гербіцид наносився як на справжні листи, так і на точку росту. Обприскування проводили в ранкові години при оптимальній для обробки температурі атмосферного повітря. Обробляли ряд соняшнику і міжряддя, забезпечуючи рівномірне покриття розчином бур'янів.

3.3. Методика пилкового аналізу

Лабораторні дослідження проводилися в лабораторії «лабораторія генетики, селекції та контрольна насінневого аналізу», на базі «Полтавський державний аграрний університет». В аналіз входили дослідження по пилковому аналізу, біотестуванню ґрунту, і аналізу структури врожаю.

У нашій роботі ми проводили дослідження по пилковому аналізу, метод орієнтований на встановлення стану чоловічого гаметофіту квіткових

рослин і складався з визначення фертильності і стерильності пилкових зерен, а також їх життєздатності і кількості пилку в пильовику.

Методика аналізу якості пилку полягає у визначенні відсотка абортивних (стерильних) пилкових зерен. Пилок проявляє високу чутливість до дії мутагенів. Генетично активні чинники середовища різко порушують процес утворення пилку, що в кінцевому підсумку призводить до різкого зниження або навіть повної відсутності в пильовиках нормальних пилкових зерен.

Зазвичай пилок рослин, які ростуть в нормальних умовах, має хорошу якість, високу фертильність, а відсоток нормальних пилкових зерен близький до 100, а вплив різних чинників середовища: високі температури повітря і ґрунту, радіація, підвищене забруднення можуть знизити цей відсоток до 50% і нижче [69].

Методика визначення фертильності пилкових зерен в пильовику квіткових рослин. Кількість пилку в квітці і пильцеву продуктивність рослин пшениці визначали за методикою Паушевої З. П. З метою визначення фертильності пилку відбирали по 10-15 класів в період початку цвітіння з різних ділянок дослідної ділянки. Потім із середньої частини колоса виділяли по кілька квіток, відокремлювали пильовики і фіксували їх в оцтовому алкоголі протягом доби, зберігали в холодильнику при температурі 3-7°C.

Для визначення фертильності використовували зібрані пильовики, які препарували голкою потрошили на предметному склі, витягуючи при цьому пилок, потім за допомогою піпетки наносили на пилок краплю ацетокарміна і розмішували її голкою так, щоб всі пилкові зерна були в розчині. Витримували препарат в такому вигляді протягом декількох хвилин, після цього накривали краплю покривним склом і розглядали препарат під мікроскопом при різному збільшенні. У декількох (до п'яти) полях зору підраховували кількість нормальних (фертильних) і абортивних пилкових зерен по кожній квітці, взятому для аналізу. Щоб отримати більш точні результати, проводили відбір однакової кількості пилкових зерен кожного варіанту, використовували не менше 100-200 пилкових зерен. Препарат

мікроскопірували за допомогою бінокулярного мікроскопа Мікрос МС 100 з фотонасадкою і фотоапаратом Canon EOS 90D EF-S 18-135mm.

Під мікроскопом можна легко відрізнити фертильні пилкові зерна по темнокоричневому або по темнофіолетового (при фарбуванні йодним розчином) або червонокармінові (при фарбуванні ацетокарміном) кольору. Стерильні пилкові зерна при цьому зморшкуваті і залишаються незабарвленими або мають сліди, незабарвленими виявляються і оболонки пилкових зерен.

3.4.1. Методика визначення життєздатності пилку на штучному живильному середовищі

Ми в роботі визначали життєздатність пилку на штучному живильному середовищі. На предметне скло препарувальною голкою в краплю середовища (35% розчин сахарози, підкислений 0,006% розчином борної кислоти) проводили посів свіжозібраного пилку, потім скло з пилком поміщали в чашку Петрі з вологим фільтрувальним папером і витримували в термостаті при 30°C протягом 5-9 годин (в вибірку входило по 10 рослин з кожного варіанту).

Життєздатність пилку визначали за відсотком нормально пророслих пилкових зерен, які спостерігаються під мікроскопом в 5-10 полях зору, при цьому аналізували 100 випадково вибраних пилкових зерен.

3.4.2. Методика визначення кількості пилкових зерен в пильовику пшениці.

У пшениці, як відомо, тичинки маленькі, виробляють приблизно 450 000 пилкових зерен на одну рослину. Кількість і якість пилку, виробленої квіткою є важливим показником в процесі запилення. Якість пилку часто прирівнюють до життєздатності пилку, однак на ці показники можуть вплинути різні чинники. На основі робіт відомо, що пилкові зерна як правило, радіально симетричні від 22,2 до 34,7 мкм по максимальній осі.

Пилкові зерна, як правило, округлі. Кількість пилку в квітці рослин озимої м'якої пшениці визначали за методикою, розробленою на МСХА ім. К. А. Тімірязєва. В аналізі вивчали по 10 рослин пшениці з кожного варіанту. Пильник розривали пінцетом, доливали в нього 2 мл сахарози, мікропіпеткою відбирали по 4 мкл зваженої суміші і потім краплю переносили на предметне скло. Для підрахунку кількості пилкових зерен використовували камеру Горяєва. Встановлення загальної кількості пилку в пильовику розраховували за такою формулою:

$$X = a \times 50000 \times B, \text{ де:}$$

а середня кількість підрахованого пилку зерен в 5 великих квадратах, при одному збільшенні окуляра мікроскопа;

Б обсяг вихідної суспензії пилкових зерен;

50000 коефіцієнт перерахунку обсягу п'яти великих квадратів на 1 мкл

Аналіз елементів структури врожаю озимої м'якої пшениці. В кінці червня початку липня збирали врожай ручним способом, для цього з досліджуваних ділянок відбирали по 25 рослин кожного варіанту і формували снопи. Потім снопи зберігали в контейнері і робили підрахунок параметрів продуктивності рослин.

В аналізі підраховували: кількість колосків на уступі колосового стрижня, кількість зерен в колосі, масу колоса, масу 1000 зернин [70].

Снопи досліджуваних зразків досушують в контейнерах для сушки і зберігання рослин.

Ми використовували різні методики математичної і статистичної обробки отриманих даних, в залежності від поставлених цілей і завдань досліджень. Для більш точного порівняння залежності впливу факторів застосовували одно і двохфакторний дисперсійний аналіз. Оцінку достовірності відмінностей між середніми значеннями ознак зразків проводили за допомогою рангового тесту. Використовувалися пакети програм Excel 2000.

РОЗДІЛ 4

БІОЛОГІЧНЕ ТЕСТУВАННЯ ҐРУНТУ НА ЗАЛИШКОВОЇ КІЛЬКОСТІ ГЕРБІЦИД ЗА ДОПОМОГОЮ ВИЩИХ РОСЛИН

У зв'язку з щорічним збільшенням сільськогосподарських площ, які схильні до забруднення різними хімічними речовинами, в тому числі і гербіцидами, з'явилася необхідність вести дослідження по визначенню ступеня забруднення ґрунтів шкідливими для рослин хімікатами.

В даний час існує ряд підходів до проведення моніторингу ґрунтів, але в силу високої вартості і складності проведення застосування їх виявляється обмеженим. Ми вважаємо, що найбільш ефективним підходом для визначення ступеня фітотоксичності ґрунтів, забруднених різними видами полютантов, в тому числі і гербіцидами, є використання методів біотестування.

Біотестування засноване на дослідженні реакції живих організмів, які здатні вловити вплив стресу раніше, на ранніх етапах онтогенезу. В оптимальних умовах тестований організм реагує на вплив середовища в результаті складної фізіологічної системи буферних гомеостатичних механізмів.

Забруднення ґрунту відбувається за рахунок збільшення масштабів і територіальному поширенню полютантами, які впливають на ґрунт і біоту. Зміна структури і стану ґрунтової екосистеми може вплинути на щільність горизонтів, що призведе до зменшення дренажу і аерації. Все це призводить до утруднення проростання насіння, а так самого проникнення кореневої системи в ґрунт.

4.1. Сила росту насіння тест-культур

Моніторингом агроценозів є виявлення чинників підвищеного навантаження хімікатів в ценозі, які в свою чергу негативно впливають на морфологію рослин, стабільність і величину врожаю, посівні якості

одержуваного зерна. Вплив несприятливих умов навколишнього середовища в період розвитку насіння, відбивається на якості насіннєвого матеріалу, і може в подальшому позначитися на якості потомства.

Для визначення генетичної активності різних хімічних речовин і забруднювачів навколишнього середовища неможливо обійтися без біологічних експериментів з використанням ряду тестів, заснованих на використанні в якості тест-систем рослинні організми.

Спеціальні біотести для визначення ефективності загальної дії агрохімікатів при генетичному моніторингу зводяться до оцінки ступеня зміни біохімічних і морфометричних показників, тобто енергії проростання і схожості насіння, росту коренів, поразення рослин хворобами під впливом забруднювача. При аналізі ґрунту на вміст залишкових кількостей препарату необхідно враховувати біологічні показники (стан ознак об'єктів). У завдання нашої роботи входило визначення токсичності післясходових гербіцидів на основі змін посівних якостей насіння тест-культур в системі генетичного моніторингу.

Аналіз якості насіння дозволяє визначити токсичне навантаження на рослини, вловити вплив кожного фактора токсикації (пестицидів, добрив, гербіцидів). При використанні цього показника в генетичному моніторингу необхідно встановити критерії обліку показників (сили росту і енергії проростання насіння, кількість не пророслих, загниле насіння або насіння з аномаліями розвитку, схожості насіння), тому другим етапом роботи було вивчення дії післясходових гербіцидів Пума Супер 75 і Секатор на схожість насіння тест-культур.

Біологічні тести по визначенню проростання насіння успішно застосовуються для встановлення впливу різних фізіологічно активних речовин. Ми пропонуємо метод біологічного тестування токсичності ґрунтів по проросткам тест-культур, який включає два варіанти:

1. пророщування насіння тест-культур у водний витяг з ґрунту, обробленого гербіцидами.

2. вирощування рослин безпосередньо в ґрунті, токсичність якого необхідно оцінити.

Даний метод ґрунтується на реакції тест-культур на присутність в ґрунті забруднюючих речовин, що дозволяє визначити інгібуючу (токсичну) дію хімічних речовин або стимулюючий вплив, який активізує розвиток тест-культур. При дослідженні фіксується схожість і енергія проростання насіння, розмір кореневої та надземної систем.

Нами були проведені дослідження з використанням даної методики по визначенню фітотоксичності ґрунту, відібраного з дослідного поля після обробки післясходовими гербіцидами.

Робота виконана в рамках однофакторного дисперсійного аналізу і результати представлені в таблиці 4.1. При проведенні біотестування в аналіз включені 2 типи проростків сильні і слабкі. До сильних проростків по довжині паростка у крес-салату і редиски відносили ті, які досягали 35 см, а у пшениці 810 см при аналізі на 7 добу експерименту. Оскільки в нашому досліді сильні проростки становили найбільшу кількість, то дослідження велися за показником сильні проростки.

Таблиця 3.1

Однофакторний дисперсійний аналіз числа сильних проростків крес-салату при біотестуванні ґрунту, забрудненого післясходовими гербіцидами Пума Супер 75 і Секатор Турбо

Мінливість	SS	df	mS	F	Дисперсія	Частка в загальній дисперсії, %
Загальна	943,28	17	63,89			100,00
Факторна	206,72	1	206,72	4,49	17,85	27,95
Залишкова	736,56	16	46,03	46,03	72,05	

Примітка: 88 сума квадратів (відхилень); ДГ ступінь свободи; т8 середній квадрат; Г критерій Фішера

Відмінності між варіантами досліді статистично достовірні, їх частка невелика і складає 27,9%. Порівняння середніх значень ознаки показало, що число сильних проростків на культурі крес-салату в варіанті досліді без

гербіцидної обробки ґрунту достовірно вище, ніж в ґрунті з гербіцидами (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Результати рангового тесту визначення сильних проростків крес-салату при біотестування ґрунту, забрудненого післясходовими гербіцидами Пума Супер 75 і Секатор Турбо,

Варіант	Середнє, %	Ранговий тест
<i>Сильні проростки</i>		
Ґрунт з гербіцидами	71,00	****
ґрунт без гербіцидів (контроль 2)	77,78	****

Примітка. Тут і в наступних аналогічних таблицях знак «*», розташований на різних вертикалях показує відмінності між зразками.

У роботах ряду вчених відзначено, що вплив гербіцидів різних класів на енергію проростання і силу росту насіння тест-культур надають неоднозначну дію.

При оцінці сили зростання в експерименті з насінням озимої м'якої пшениці достовірних відмінностей між варіантами з обробкою післясходовими гербіцидами і без обробки виявлено не було про що свідчать результати дисперсійного аналізу (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Однофакторний дисперсійний аналіз числа сильних проростків пшениці при біотестування ґрунту, забрудненого післясходовим гербіцидами Пума Супер 75 і Секатор Турбо

Мінливість	SS	df	mS	F	Дисперсія	Частка в загальній дисперсії %
Загальна	260,44	17			14,27	100
Факторна	32,00	1	32,00	2,24	0,00	0
Залишкова	228,44	16	14,27		14,27	100

При оцінці насіння редиски в аналізі токсичності ґрунту за ознакою число сильних проростків було встановлено відмінності між варіантами і їх частка склала 48% (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Однофакторний дисперсійний аналіз числа сильних проростків у редису при біотестування ґрунту, забрудненого гербіцидами післясходовими Пума Супер 75 і Секатор Турбо

Мінливість	SS	df	mS	F	Дисперсія	Частка в загальній дисперсії, %
Загальна	377,11	17			28,67	100,00
Факторна	138,89	1	138,89	9,33	13,78	48,06
Залишкова	238,22	16	14,89		14,89	51,94

В роботах вчених представлені неоднозначні результати по впливу гербіцидів на ростові показники проростків тест-культур, так що з одного боку відбувається інгібування одних процесів росту розвитку проростків, а з іншого стимулювання інших процесів. У нашому випадку при застосуванні післясходових гербіцидів Пума Супер 75 і Секатор Турбо на посівах озимої м'якої пшениці йде зниження за показником сила росту насіння тест-культур: редису, крес-салату і пшениці.

Результати, отримані в ході проведення експерименту так само підтверджуються даними інших вчених, де, в дослідях з гербіцидами Гранстар і Топік майже всі вивчені концентрації гербіцидів, які застосовуються на посівах злакових культур, викликали істотне пригнічення росту проростків злаків.

Порівняння декількох культур по морфологічних показниках оцінки проростків показало, що на контрольних варіантах показник сили росту значно вище в порівнянні з досліджуваним зразком, що дозволяє зробити висновок про негативний вплив, присутніх в ґрунті речовин, на проростки тест-культур.

4.2. Схожість насіння тест-культур

Однією з головних завдань для успішного отримання здорових сходів є забезпечення теплом, світлом та вологою. Важливе значення відіграє так само якість насінневого матеріалу, а значить, насіння повинні володіти високою схожістю. Схожість насіння – здатність насіння давати за встановлений термін нормальні проростки за певних умов пророщування. Схожість визначали на трьох культурах, які є класичними при проведенні біотестування. Пророщування насіння при проведенні експерименту по визначенню схожості насіння тест-культур здійснювали безпосередньо в ґрунті з використанням пристрою для біотестування ґрунту, а так само за стандартною методикою. Термін тестування 7 днів. Після закінчення часу проводили підрахунок нормально пророслих паростків, які пробилися через шар ґрунту. Результати експерименту з оцінки можливостей використання пшениці для біотестування були оброблені в однофакторном дисперсійним аналізом (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

Результати однофакторного дисперсійного аналізу всхо-жерсті насіння озимої м'якої пшениці при біотестування ґрунту, обра-бота сумішшю післясходових гербіцидів Пума Супер 75 і Секатор Турбо,

Мінливий	SS	df	mS	F	Дисперсія	Частка в загальній дисперсії %
7 добу						
Загальна	198,96	26			9,15	100,00
Факторна	96,07	2	48,04	11,21	4,86	53,14
Залишкова	102,89	24	4,29		4,29	46,86
Загальна схожість						
Загальна	4 974,07	26			228,70	100,00
Факторна	2 401,85	2	1200,93	11,21	121,53	53,14
Залишкова	2 572,22	24	107,18		107,18	46,86

Достовірні відмінності між варіантами експерименту були намічені тільки на сьому добу і частка показника «загальна схожість». На третю і п'яту добу оцінки відмінностей виявлено не було. Це може бути пояснено з

позицій кумулятивного ефекту впливу гербіцидної забруднення, який почав позначатися тільки на сьому добу експеримент.

Таблиця 4.6

Середня схожість насіння озимої м'якої пшениці на сьому добу експерименту за варіантами забруднення ґрунтів гербіцидами

Варіант	Середнє, %	Ранговий тест
<i>7 доба</i>		
Ґрунт з гербіцидами	14,33*	****
Дистильована вода (контроль 1)	17,89	****
Ґрунт без гербіцидами (контроль 2)	18,67*	****

Характер відмінностей між варіантами дослідів розкривають дані таблиць 4.6, 4.7, де видно, що на сьому добу сама висока схожість отримана на варіанті «Ґрунт без гербіцидів», а найменша на варіанті «Ґрунт з гербіцидами». Відмінності між варіантами «ґрунт без гербіцидів» і «Дистильована вода» не значні, проте кращі результати на першому варіанті.

Таблиця 4.7

Результати множинного порівняння середніх значень загальної схожості насіння озимої м'якої пшениці сорту Таня за варіантами забруднення ґрунтів гербіцидами, К

варіант	Середнє, %	Ранговий тест
Ґрунт з гербіцидами	71,67*	****
Дистильована вода (контроль 1)	89,44	****
Ґрунт без гербіцидів (контроль 2)	93,33*	****

За даними загальної схожості отримані ідентичні результати і є достовірними по відмінності результатів схожості в варіантах з дистильованою водою і чистим ґрунтом (без гербіцидів) над варіантом «Ґрунт з гербіцидами».

В якості можливої рослини - біотестера використовували редис. Експеримент по вивченню його схожості з подальшим аналізом був аналогічний експерименту з пшеницею. Відмінності між варіантами досліду з редискою були виявлені на третю і сьому добу пророщування. На п'яту добу достовірного впливу гербіцидів не виявлено. Частка дисперсії на 3-ю добу склала 28,6%, а 7-у добу 33,25%.

Висновок, зроблений за результатами даного експерименту вказує на значне зниження частки дисперсії «Між варіантами досліду». Так, якщо в експерименті з пшеницею вона становила 53%, то для експерименту з редискою виявлено зниження до 28-33%. Іншими словами, ефективність використання даної культури для вирішення завдань біотестування значно нижче.

З представлених даних випливає, що найбільше середнє значення схожості насіння редиски на третю добу спостерігалось на варіанті «Грунт без гербіцидів» і склало 3,22% і достовірно відрізнялося від варіанту «Грунт з гербіцидами» і склала 2,11%. Відмінності між варіантами «Дистильована вода» і «грунт без гербіцидів» не істотні.

Характер відмінностей між варіантами експерименту досить складний. Так, достовірні відмінності виявляються тільки між варіантами «Грунт без гербіцидів» і «Грунт з гербіцидами». Варіант з «дистильованою водою» достовірно не відрізняється від двох інших варіантів.

Наступною культурою як тест-культури вибрали крес салат. Результати експерименту з оцінки можливостей використання крес-салату для біотестування були проаналізовані за допомогою дисперсійного аналізу.

З представлених даних можна зробити висновок, що частка дисперсії «Між варіантами досвіду» перебувала в межах 34,2-58,8%. Це свідчить про достовірні відмінності між варіантами, а так же негативний ефект впливу забруднення ґрунтів гербіцидами тестрослина. Характер відмінностей між варіантами досліду більш детально представлений в таблиці 4.8, де видно, що на третю добу експерименту схожість насіння крес-салату була вище на варіанті «Грунт без гербіцидів», а на варіанті «Грунт з гербіцидами» вона була значно нижче

**Результати множинного порівняння середніх значень схожості
насіння крес-салату**

Варіант	Середнє, %	Ранговий тест
3 добу		
Грунт з гербіцидами	4,44	****
Дистиллированная вода (контроль 1)	5,11	****
Грунт без гербіцидів (контроль 2)	6,22	****
5 добу		
Грунт з гербіцидами	12,22	****
Дистильована вода (контроль 1)	14,44	****
Грунт без гербіцидів (контроль 2)	15,67	****
7 добу		
Грунт з гербіцидами	61,67	****
Дистильована вода (контроль 1)	72,22	****
Грунт без гербіцидів (контроль 2)	78,33	****

Згідно представлених даних найбільша схожість насіння крес-салату спостерігається на варіанті «Грунт без гербіцидів», причому на третю добу вона становила 6,2% і достовірно відрізнялася від двох інших варіантів досвіду, на п'ятий і сьомий день відрізнялася тільки від варіанту «Грунт з гербіцидами». Результати показують достовірні відмінності між варіантами досліду «Грунт без гербіцидів» і «грунт з гербіцидами», відмінностей між варіантами «Грунт без гербіцидів» і «дистильована вода» відмінності немає.

Таким чином, досліди підтверджують, що у варіанті з використанням післясходових гербіцидів йде зниження схожості насіння в порівнянні з контролем. Найменші середні значення досліджуваних ознак спостерігалися на варіанті «Грунт з гербіцидами».

Запропонована нами система оцінки якості насіння передбачає виявлення варіантів, які несуть підвищене агротехнологічне навантаження за відхиленнями у формуванні здорових проростків, а також такими показниками як сила зростання і схожість насіння. Так, найбільш результативною культурою при оцінці чуйності на присутність післясходових гербіцидів в ґрунті виявився крес-салат, так як відгук

виявлений вже на третю добу початку експерименту, на другому місці опинився редис. Найменш результативною виявилася пшениця, так як ефект негативного впливу гербіцидів проявився тільки на сьому добу.

4.3. Визначення довжини осьових органів проростків тест-культур

Проведення біотестування на визначення токсичного впливу полютантів включає в себе не тільки визначення сили росту насіння, а й дослідження ростових показників тест-культур, а саме розмір осьових органів проростків, в даному випадку корінців і паростків.

Тестпараметри, які використовуються дослідниками, досить неоднозначні. Так, деякі дослідники аналізують схожість, довжину корінців проростків і поглинальну здатність коренів. У ряді робіт оцінюється тільки довжина корінців проростків. У роботах Яблонської Е. К. та ін. (2006) і Васильєва А. В. та ін. [72] оцінюється довжина корінця і довжина паростка проростків молодих рослин. Незважаючи на відмінності в наборі аналізованих параметрів, ми вважали за краще методику аналізу довжини корінця і паростка проростків насіння тест-культур.

При дослідженні впливу гербіцидів на ріст надземної і підземної систем проростків, за результатами Яблонської Е. К. і Плотникова В. К. (2006), встановлено, що гербіцид пригнічує ріст надземних органів в одних випадках, в інших стимулює, проте не для всіх сортів однаково.

Ми провели дослідження щодо встановлення впливу післясходових гербіцидів Пума Супер 75 і Секатор Турбо на ростові органи проростків, з використанням пристрою для біотестування. Дані експерименту з оцінки впливу післясходових гербіцидів на крес-салат були оброблені за допомогою дисперсійного аналізу (табл. 4.9). Для двох досліджуваних ознак були встановлені суттєві відмінності між варіантами дослідження. Їх частка в загальній дисперсії перевищує 40%. Про те, який характер відмінностей варіантів дозволяє судити результати множинного порівняння середніх значень досліджуваних ознак (табл. 4.10).

**Результати однофакторного дисперсійного аналізу довжини
корінця і паростка проростків крес-салату**

Мінливість	SS	df	mS	F	Дисперсія	Частка в загальній дисперсії, %
<i>корінець</i>						
Загальна	21	372,46	269		92,48	100,00
Ефект	7	196,36	598,18	67,77	39,39	42,59
Залишкова	14	176,10	267	53,09	53,09	57,41
<i>проросток</i>						
Загальна	24	508,70	269		107,55	100,00
Ефект	9	057,27	528,63	78,25	49,68	46,19
Залишкова	15	451,43	267	57,87	57,87	53,81

Таблиця 4.10

**Ранговий тест середніх значень довжини корінця і паростка
проростків крес-салату**

Варіант	Середнє, мм	Ранговий тест
<i>Корінець</i>		
Грунт без гербіцидів (контроль 2)	53,82	****
Дистильована вода (контроль 1)	53,21	****
Грунт з гербіцидами	42,58	****
<i>Росток</i>		
Грунт без гербіцидів (контроль 2)	67,28	****
Дистильована вода (контроль 1)	65,44	****
Грунт з гербіцидами с	54,18	****

Встановлено, що достовірні відмінності виявляються тільки для варіанту «Грунт з гербіцидами» від двох інших, між якими відмінностей немає. Видно, що застосування післясходових гербіцидів на посівах зернових культур уповільнює розвиток органів рослин тест-культури. При визначенні ознак довжини корінців і паростків пшениці встановлено істотний вплив варіантів, частка якого перевищує 70%. На варіанті досліду з ґрунтом без гербіцидної обробки при вимірюванні довжини корінців і паростків встановлено достовірну відміну від інших варіантів досліду.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН ПРИ ДІЇ ГЕРБИЦИДІВ

Державною програмою Відродження і розвитку села передбачено всебічне освоєння науково обґрунтованих, ресурсозберігаючих інтегрованих систем захисту рослин, що дозволяють істотно підвищити результативність технологій обробітку сільськогосподарських культур і поліпшити економічні показники виробництва рослинницької продукції [73; 74].

Наукове обґрунтування умов захисту рослин на конкретному етапі розвитку сільськогосподарського виробництва дає можливість пів-неї використовувати інноваційні резерви, оцінювати і контролювати вкладення коштів у даній сфері діяльності. Щорічно втрати врожаю в світі від шкідників, хвороб і бур'янів оцінюються в 243,7 млрд дол. США [75]. Своєчасно проведені роботи по захисту посівів сільськогосподарських культур (за даними "Інститут захисту рослин") забезпечують збереження врожаю від 5,7 до 6,5 ц/га зерна, 40-60 картоплі і коренеплодів, 60-120 овочів, 140 - 160 плодів.

Одним з напрямків підвищення продуктивності сільськогосподарських культур є захист їх від комплексу негативно впливають різноманітних організмів. У першу групу таких організмів входить бур'яниста рослинність, що використовує від 30 до 50 і більше відсотків продуктивного потенціалу ґрунту і добрив. За даними щорічного обстеження, середня засміченість основних сільськогосподарських культур області становить 80,3-181,1 шт/м². В основному вони представлені однорічними бур'янами: *matricaria inodora*, *viola arvensis*, *stellaria media*, *galeopsis tetrahit*, а також багаторічними бур'янами, найбільш небезпечні з яких – *sonchus arvensis*, *artemisia vulgaris*, *agropyron repens*, *cirsium arvense*, *rumex crispus*.

В останні роки для практичного використання в сільському господарстві рекомендовано більше 170 нових форм і груп гербіцидів, що дозволяють успішно вести боротьбу з бур'янистою рослинністю.

Однак потребують вирішення питання врахування ефективності застосування нових форм гербіцидів, відповідність ціни препарату до базисного рівня матеріальних витрат, економічної обґрунтованості між обсягами внесення засобів захисту та антропогенним навантаженням на екосистему конкретної сільськогосподарської організації. Методологічною основою застосування гербіцидів для захисту посівів сільськогосподарських культур від бур'янів послужили наявні базові напрацювання з даної проблеми, а також проведені додаткові поглиблені дослідження. Систематичне невиконання багатьма господарствами області протягом ряду років основних вимог агротехніки-поле очисне чергування культур у сівозміні, дотримання оптимальних строків і прийомів обробітку ґрунту, застосування гербіцидів суцільної дії в осінній період - не дозволило значно зменшити рівень засміченості основних сільськогосподарських культур.

Загальна засміченість посівів у порівнянні знизилася: озимої пшениці – на 51,2%, озимого тритикале – 5,1, озимого жита – 37,3, ярої пшениці – 40,8, ярого ячменю – 35,1, вівса – 62,7, кукурудзи – 21,4, картоплі – на 59,5%, але в той же час по льону-довгунцю збільшилася на 26,3%. Також зросла засміченість багаторічним бур'яном (осот польовий) посівів озимої пшениці на 323% , ярого ячменю – 124,1%, кукурудзи-104,2 %. Згідно з даними інституту захисту рослин при наявності на 1 м² 10 шт. рослин будяка польового (*Cirsium arvense*) з ґрунту засвоюється N – 140, P₂O₅ – 30, K₂O – 120 кг/га, осоту польового (*Sonchus arvensis*) – відповідно 67; 28,8; 90,8 кг/га, пирію повзучого – 14; 5; 13. Це дозволяє, з урахуванням засміченості полів області, розрахувати за вегетаційними періодами винос поживних речовин з одного гектара багаторічними бур'янами по основних сільськогосподарських культурах.

Дослідження показують, що при високій засміченості посівів тільки пирієм повзучим з посівів озимої пшениці виноситься 40,9 кг NPK, озимого тритикале – 116, озимого жита – 69, ярої пшениці – 60, ярого ячменю – 78,8, вівса – 51,6, кукурудзи – 65, картоплі – 80, льону - довгунця – 22,6 кг NPK, що еквівалентно щорічному недобору 20-49% врожаю сільськогосподарських культур.

При цьому знижується виробництво сільськогосподарських машин, збільшується їх знос, витрата пального на 20– 30%, ускладнюється сівба, зростають втрати при збиранні врожаю. Пирій також є розповсюджувачем хвороб сільськогосподарських культур (кореневі гнилі, іржа, ріжки), сприяє розвитку дротяників, злакових мух, гусениць зернової совки [76]. Крім того, бур'яни витрачають велику кількість вологи на одиницю сухої ваги в порівнянні з культурними рослинами. Так, коефіцієнт транспірації у пшениці становить 513, у вівса – 597, а у марі білої – 801, осот польовий за добу випаровує до 40 г води, тоді як одна рослина вівса тільки 1,6 г, тому на засмічених посівах сільськогосподарських культур вологість ґрунту на 3-5% нижче в порівнянні з чистими посівами [77]

Основним заходом, спрямованим на боротьбу з бур'янистою рослинністю, є дотримання прийомів обробки ґрунту, які складаються з зяблевої (основної), передпосівної та обробки парового поля з урахуванням механічного складу і фізичних особливостей ґрунту, біологічних особливостей бур'янів, термінів збирання врожаю, метеорологічних факторів і т. д. оскільки агротехнічний метод боротьби з бур'янистою рослинністю через об'єктивних і суб'єктивних факторів використовується не повністю, рекомендується застосування агротехнічного та хімічного методів із застосуванням гербіцидів, перенісши основний тягар робіт на осінній період. Дослідження показують, що правильне поєднання агротехнічних і хімічних прийомів боротьби з бур'янами є основою ресурсозберігаючої інтегрованої системи захисту рослин, яка дозволяє істотно підвищити результативність технології обробітку сільськогосподарських культур. Економічна

ефективність гербіцидів і агротехнічних прийомів розрахована за такою формулою [78]:

Апроксимація рівняння логістичної кривої

$$Y = 1/1+ae^{-bx} \text{ (Злобін Ю.А., 1987):}$$

де Y-урожайність, т/ га,

x-кількість сорних рослин на одиниці площі,

a і b-коефіцієнти рівняння регресії, e- число Непера.

Ефективність проведення хімічних і агротехнічних прийомів в боротьбі з пирієм повзучим в осінній період приведена в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

**Порівняльна ефективність агротехнічних і хімічних методів
боротьби з пирієм повзучим в осінній період**

Варіанти	Заходи	Довжина кореневищ пирію на 1 м ² .пого.м		загибе ль корене вищ пірію %	витрати на га. дол США	Ефективність агротехнічного прийому
		до обробки	після оброб ки			
1	2	3	4	5	6	7
1	Внесення гліфосфата	70,3	30,7	95,0	26,4	95,0
2	Дискування на 10 см	65,8	75,8	14,0	27,5	5,0
3	2 дискування на 10 см	71,3	52,6	26,2	55,0	13,2
4	3 дискування на 10 см	64,4	33,4	48,2	83,4	15,8
5	4 дискування на 10 см	76,0	24,0	68,9	111,3	17,3
6	Дискування на 10 см +культивация на 10см	87,2	45,6	470,4	33,9	39,1
7	Дискування на 10 см +2культивации на 10см	660,	25,8	60,9	40,0	42,8
8	Дискування на 10 см +3культивации на 10см	67,6	19,4	71,3	46,1	43,4
9	оранка на глибину 20см	75,7	58,4	22,9	42,8	15,0
10	Дискування на 10 см + оранка на глибину 20см	68,2	45,8	32,9	70,6	13,0
11	Дискування на 10 см + оранка на глибину 20см+ культивация на 10см	74,3	23,8	68,2	76,7	24,7
12	Дискування на 10 см + оранка на глибину 20см+ 2 культивация на 10см	82,5	13,4	83,8	82,8	28,2

1	2	3	4	5	6	7
13	2 дискування на 10 см+ оранка на глибину 20см	72,4	20,8	71,3	98,1	20,6
14	3 дискування на 10 см+ оранка на глибину 20см	95,0	19,6	79,4	126,2	17,7
15	оранка на глибину 20см+ культивуваці на 10см	80,1	37,7	52,9	48,9	30,1
16	оранка на глибину 20см+ 2культивуваці на 10см	72,3	16,6	77,0	55,0	38,0

Аналіз даної таблиці показує, що дискування в один слід тільки нарощування пирію, проведення дискування в два сліди зменшує кількість пирію на 26,2%, відповідно в три, чотири сліди на 48-70% але при цьому зростають витрати до 111,0 дол. США на гектар. Максимальний результат загибелі бур'яну 83,8 % при витратах в 82,8 дол. США на гектар отриманий у варіанті № 11, при проведенні ряду агротехнічних прийомів обробітку ґрунту (дискування на 10 см + оранка на 20 см + 2 кукуваці на 10 см), проте з урахуванням наведених витрат очищення поля від пирію гербіцидом в 3,5 рази ефективніше агротехнічного прийому.

Таблиця 5.2.

Економічна ефективність застосування гербіцидів під основні сільськогосподарські культури в 2020 році

Назва	культури			
	зернові	картопля	Льон	люпин
Норма витрати гербіцидів л/га	5,0	5,0	5,0	5,0
Закупівельна ціна л/дол США	4,5	4,5	4,5	4,5
Вартість однієї гектаро-норми гербіциду дол США	22,5	22,5	22,5	22,5
Витрати на внесення гектаро-норми гербіциду дол США	3,9	3,9	3,9	3,9
Прибавка врожаю, ц/га	5,7	60,0	3,2	8,8
Витрати на прибирання, дообробку і транспортування прибавки врожаю ,дол США	16,0	52,0	12,0	16,0
Вартість прибавки врожаю, дол США	68,4	568,0	54,0	75,0
Чистий дохід, дол США	26,0	507,0	15,6	32,6
Рентабельність %	61,3	647,4	40,6	76,9

Застосування гербіцидів дозволяють позбутися від бур'янів до 95% кореневищ при витратах в 26,4 дол. США на га (3,9 \$ + 4,5 \$x5 л/га) з розрахунку внесення 5 л/га при існуючій вартості в 4,5 дол. США за 1 літр і витратах на внесення в 3,9 дол. США/га, при цьому гине весь спектр багаторічних бур'янів, ефект при якісній обробці зберігається протягом трьох років [79]. Економічна ефективність застосування гербіциду в порівнянні з агротехнічними прийомами в 8 варіанті оцінюється в 19,7 дол. США /га з розрахунку обробки по країні 1 млн га, економія складе 19,7 млн дол. США, а в порівнянні з варіантом 11, де досягається загибель в 83,8 %, економія складе 56,4 млн дол. США. Аналіз застосування гербіцидів під основні сільськогосподарські культури (зернові, картопля, льон і люпин) за нормами розрахунку 2019-2021 рр. показав, що кожен долар, вкладений на захист картоплі, окупається надбавкою врожайності в розмірі 6,5 дол. США, в захисту зернових-0,61, льону – 0,40 і льону – 0,77 дол. США [80] (табл. 5.2).

На економічну ефективність засобів захисту рослин велике значення надає ринкова вартість препаратів [81]. Останнім часом на світових ринках спостерігається подорожчання діючої речовини, що в свою чергу призведе до збільшення вартості готового продукту і відповідно збільшення вартості обробки одного гектара. Розрахунки показують, що тільки при підвищенні цін на гербіциди препарати до 15 дол. США за один літр, вони стають економічно не вигідними по відношенню до агротехнічного методу боротьби з бур'янами [82].

У таблиці 5.3 показана економічна ефективність застосування хімічних засобів проти бур'янів. Аналіз таблиці 5.5 показує, що тільки за рахунок розширення площ, оброблених гербіцидом препаратами, сільськогосподарським організаціям області вдалося зберегти 18,7 тис. т мінеральних добрив і 1150,2 т палива на загальну суму 4668,39 тис. дол. США. За останні роки (2019-2021 рр.) в істотно зросли обсяги застосування гербіциду з 44,7 тис.га в 2019 р. до 270 тис. га в 2021 р., що дозволило очистити від злісних бур'янів (пирій, осот, будяк, кульбаба) більше 600 тис. га посівних площ і значно підвищити врожайність

сільськогосподарських культур. У той же час сучасна екологічна ситуація диктує необхідність адаптивного поєднання агротехнічних і хімічних заходів боротьби з бур'янистою рослинністю, виключаючи варіанти, які перешкоджають самовідновленню екосистеми, незважаючи на економічну виручку проведеного агроприйому.

Таблиця 5.3

Економічна ефективність використання хімічних засобів боротьби з бур'янами в 2019-2021рр

Назва	Роки		
	2019р	2020р	2021р
Площа, що обробляється гербіцидом тис. га	253,9	276	268
Витрати на придбання препаратів тис. дол	4570,2	6210	6030
Розрахункова економія добрив тис. т	17,8	19,3	18,7
Розрахункова сума економії грошових коштів на добрива тис дол	4738,9	5137	4978
Розрахункова економія палива на оранці .т	1150,2	1250	1214
Розрахункова сума економії грошових коштів на паливі із розрахунку 0,51 дол за л) тис дол.	586,6	637	619

Таким чином, аналіз рівня засміченості посівів основних сільськогосподарських культур багаторічними бур'янами показав, що загальна засміченість посівів залишається ще високою і становить в межах 90-119 бур'янів на 1 м², або перевищує нормативний поріг економічної шкідливості в 6-8 разів. Несвоєчасне проведення заходів по боротьбі з бур'янами при - водить до підвищеного винесення поживних речовин з ґрунту, що еквівалентно щорічному недобору 20-50% врожаю сільськогосподарських культур. Порівняльна ефективність агротехнічних і хімічних заходів боротьби з багаторічними бур'янами на прикладі пирію повзучого показує, що застосування гербіцидів в осінній період в 3,5 рази ефективніше, ніж застосування комплексних агротехнічних прийомів обробки ґрунту. Аналіз застосування гербіцидів під основні сільськогосподарські культури (зернові, картопля, льон і люпин) показав, що кожен долар, вкладений в захист картоплі, окупається

надбавкою врожайності в розмірі 6,5 дол. США, на захист Зернових-0,61, льону – 0,40 і люпину – 0,77 дол. США.

Економічна ефективність від розширення застосування (гербіцидів дозволила сільськогосподарським організаціям області зберегти 15600 т мінеральних добрив і 1012 т палива на загальну суму 4668,4 тис. дол. США. [83; 84; 85]. Поряд з жорсткими вимогами виконання основних прийомів агротехніки таких як дотримання сівозмін, оптимальних строків і способів обробітку ґрунту та інших для значного скорочення засмічення сільськогосподарських культур необхідне щорічне застосування гербіцидів на 25% посівних площ.

РОЗДІЛ 6

ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА

Екологічна експертиза це вид пошуково практичної діяльності спеціально уповноважених державних органів екологоекспертних формувань та об'єднань громадян, що ґрунтується на міжгалузевому, екологічному дослідженні, аналізі та оцінці перед проектних, проектних та інших матеріалів чи об'єктів реалізація і дія яких може негативно впливати або впливає на стан природного середовища та здоров'я людей, і спрямована на підготовку висновків про відповідність нормам і вимогам законодавства про охорону навколишнього середовища, раціональне використання і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки [86].

Відносини в галузі екологічної експертизи регулюється Законом України "Про охорону природного навколишнього середовища", який вступив у дію з 25 червня 1991 року [87]. Потім був створений державний комітет України по охороні праці, який здійснює державну екологічну експертизу генеральних систем розвитку виробничих сил галузей народного господарства, контроль за екологічними нормативами, нормами при розробці нової техніки, які впливають на навколишнє середовище і природні ресурси.

Охорона навколишнього середовища і раціональне використання природних ресурсів в умовах інтенсифікації сільськогосподарського виробництва стає однією з найбільш актуальних аграрних проблем.

По суті, ведення сільського господарства можна розрізняти, як управління екосистемою з метою одержання продукції рослинництва і тваринництва, необхідної для харчування, або як сировина для фармацевтичної промисловості.

Нині стає очевидним, що здійснювані раніше заходи щодо використання і охорони природних ресурсів явно недостатні. І не можуть розв'язати проблему захисту навколишнього середовища, зокрема і в аграрному секторі. Тому державною програмою охорони природи

передбачено чітку екологічну орієнтацію всіх ланок наукового прогресу, залучення широкого кола спеціалістів до розв'язання прикладних проблем екології та агроекології, проведення екологічної експертизи, суворий контроль за реалізацією природних заходів, виховання екологічного світогляду населення. Екологічна експертиза це система комплексної оцінки всіх можливих екологічних і соціальних наслідків здійснення проекту, функціонування народногосподарських об'єктів, прийнятих рішень спрямованих на запобігання їх негативного впливу на навколишнє середовище і на вирішення капітальних завдань з найменшою втратою ресурсів і одержання мінімальних небажаних наслідків [88].

Критеріями оцінки виступають Закон України "Про охорону оточуючого середовища", (1991) "Закон про оцінку впливу на довкілля" (2017) інші державні акти, природоохоронні пріоритети, стандарти по охороні природи і раціональному використанні природних ресурсів, будівельні норми і правила, санітарногігієнічні нормативи таке інше [89].

У відповідності з вищевказаними законами підприємства, установи та організації здійснюють платежі за використання природних ресурсів, зокрема за розміщення відходів та викиди в атмосферне повітря і водні об'єкти. Платежі за використання природних ресурсів надходять до Державного бюджету 30% і до місцевих бюджетів 70%.

В Україні діяльність органів з управління в галузі охорони навколишнього природного середовища спрямована на проведення таких заходів:

- розробка і реалізація екологічних програм;
- здійснення контролю за використанням і охороною земель, надр, лісів та іншої рослинності, а також норм екологічної безпеки;
- встановлення і затвердження екологічних нормативів, лімітів використання природних ресурсів, викидів і скидів забруднюючих речовин у навколишнє середовище, розміщення відходів;
- визначення граничних розмірів плати за користування природними ресурсами та розміщення відходів;

- формування і використання фондів охорони навколишнього середовища;

- здійснення міжнародного співробітництва з питань охорони навколишнього природного середовища, узагальнення й поширення міжнародного досвіду в цій галузі.

Під охороною природи розуміють систему заходів, які забезпечують раціональне використання та відновлення природних ресурсів, збереження природних умов, сприятливих для життя людини, а також захист від руйнування типових, рідкісних і зниклих природних об'єктів. При вирішенні біологічних проблем охорони природи треба зважати на взаємозв'язок природних явищ у біологічних комплексах. Вирішення проблем охорони флори і фауни, збереження природних умов, сприятливих для живих організмів ґрунтуються на вивченні екологічних систем – природних комплексів, пристосованих до певних територій.

Одним з важливих факторів впливу людини на навколишнє середовище є широке застосування біологічноактивних хімічних засобів. За допомогою них вдалося запобігти катастрофічному впливу багатьох шкідливих об'єктів на стан сільського господарства. Разом з тим, широке застосування призвело до цілого ряду серйозних негативних наслідків.

Природоохоронним заходом Україна приділяє велику увагу на всіх етапах її розвитку, але найбільше значення їм надається в сучасний період. В Декларації про державний суверенітет України, прийнятій Верховною Радою України 16 липня 1990 року, перелічені основні об'єкти навколишнього середовища, які є власністю країни: земля, її надра, повітряний простір, водні та інші природні ресурси [90]. Екологічній безпеці в Декларації відведено окремий розділ (розділ 7), в якому передбачено, що Україна самостійно встановлює порядок організації охорони природи на її території та порядок використання природних ресурсів. В Декларації також закріплені інші положення екологічної безпеки.

Екологічна експертиза – це система комплексної оцінки всіх можливих екологічних і соціально-економічних наслідків здійснення проекту,

функціонування народногосподарських об'єктів, прийняття рішень, спрямованих на запобігання їх негативного впливу на навколишнє середовище і на вирішення намічених завдань з найменшою втратою ресурсів і одержання мінімальних небажаних наслідків. Критеріями оцінки виступають Закон України про охорону навколишнього середовища, інші державні акти, природоохоронні пріоритетні стандарти з охорони природи і раціональному використанню природних ресурсів, правила, санітарногігієнічні нормативи і таке інше.

Основними джерелами забруднення природного середовища в процесі сільськогосподарського виробництва є мінеральні добрива, залишки пестицидів, а також ерозія ґрунтів [91].

У рослинницькій галузі відпрацьовано сівозміни, системи обробітку ґрунту, системи удобрення культур, системи захисту посівів від бур'янів, шкідників і хвороб (фізичні і профілактичні), системи машин, системи догляду за посівами. Із рекомендованих відібрані найвроджайніші сорти сільськогосподарських культур.

Аналізуючи діяльність досліджуваного господарства щодо охорони навколишнього середовища можна зробити такі висновки і пропозиції:

1. дотримання правил чергування культур в сівозміні, що забезпечує максимальне пригнічення всіх біотипів бур'янів, зниження шкодочинності багатьох видів шкідників і хвороб;
2. удосконалити перевезення і зберігання в складі добрив і пестицидів;
3. локальне внесення мінеральних добрив з дотриманням норм внесення;
4. використовувати біологічний метод боротьби з шкідниками і хворобами, (в даний час в нашому господарстві не використовується);
5. органічні добрива зберігати в буртах біля ферм. Їх потрібно розташовувати подалі від природних водоймищ, на рівній ділянці;
6. застосування агротехнічних і біологічних заходів боротьби з бур'янами, шкідниками і хворобами.

РОЗДІЛ 7

ОХОРОНА ПРАЦІ

Нормативною основою системи управління охорони праці є конституція України, закон України “про охорону праці”, кодекс законів України про працю, закони, постанови та інші акти верховної ради України; укази і розпорядження президента України, постанови і розпорядження кабінету міністрів України, накази органів, що здійснюють державне управління охороною праці, державні, галузеві і міжгалузеві та інші нормативні акти про охорону праці. Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів та засобів, які спрямовані на збереження здоров’я і працездатності людини в процесі праці (ст.1 закону України “про охорону праці”, прийнятий в 1992р., зміни в № 1213-IX від 04.02.2021, ВВР, 2021, № 20, ст.178.№ 1667-IX від 15.07.2021.) [92].

Гігієна і безпека праці, охорона навколишнього середовища при роботі з пестицидами і агрохімікатами забезпечуються максимальною механізацією і автоматизацією трудомістких і небезпечних робіт, способів внесення препаратів, суворим дотриманням правил техніки безпеки, державних санітарно-епідеміологічних правил і нормативів.

Загальні вимоги безпеки при застосуванні пестицидів [93; 94]. Відповідальність за охорону праці, техніку безпеки та виконання всіх вимог при роботі з пестицидами покладається на керівників господарства та організацій, що їх застосовують. Всі роботи з хімічного захисту рослин здійснюються під керівництвом фахівця із захисту рослин або середньої кваліфікації, що має відповідний диплом. Для виробництва спеціальних заходів допускається призначення (за наказом Адміністрації) агрономів інших профілів, що мають великий досвід роботи з пестицидами і пройшли відповідну підготовку.

Спеціальний персонал, безпосередньо бере участь в організації та виконанні робіт з хімічного захисту рослин (техніки, бригадири, ланкові), підбирається з числа осіб, що мають досвід роботи і спеціальну освіту або курсову підготовку, і закріплюється для цього виду робіт на весь сезон. Особи, які залучаються до роботи з пестицидами (постійно або тимчасово), формуються в спеціалізовані бригади або ланки. Вони повинні щорічно проходити обов'язковий медичний огляд, відмітки про який необхідно робити в медичній книжці, з ними повинен бути проведений інструктаж з техніки безпеки з обов'язковою реєстрацією в журналі. До роботи з пестицидами не допускаються діти і підлітки до 18 років, вагітні та жінки, що годують груддю, а також особи, які мають медичне протипоказання. До всіх видів робіт, пов'язаних з пестицидами надзвичайно небезпечними і високонебезпечними, з різко вираженою шкірно-резорбтивної токсичністю, дуже небезпечних і небезпечних речовин (за ступенем летючості), вогні - і вибухонебезпечних повинні допускатися особи, які мають наряд-допуск.

Тривалість робочого дня при роботах з надзвичайно небезпечними, високонебезпечними пестицидами повинна становити 4 години (з доопрацюванням двох годин на інших роботах без застосування пестицидів), з іншими препаратами – 6 годин. У Дні роботи з пестицидами, працюючі отримують спеціальне харчування [95].

Організація, відповідальна за проведення робіт, забезпечує всіх осіб, що працюють з пестицидами, засобами індивідуального захисту відповідно до «Типових галузевих норм безкоштовної видачі спецодягу, спецвзуття та запобіжних пристосувань» і «Рекомендаціями по захисту органів дихання», обладнує (не ближче 200 м від місця роботи з пестицидами з навітряного боку) майданчики для відпочинку і прийому їжі з бачком питної води, шафою для зберігання засобів індивідуального захисту, умивальник з милом або душовою, шафкою з аптечкою першої долікарської допомоги та індивідуальними рушниками [96].

Працюючі з пестицидами повинні строго дотримуватися правил особистої гігієни. Під час робіт забороняється приймати їжу, пити, курити, знімати Засоби індивідуального захисту. Це допускається тільки під час відпочинку на спеціально обладнаному майданчику. Керівник робіт повинен інформуватися про самопочуття працюючих: при першій скарзі зобов'язаний усунути від подальшої роботи, вжити заходів з надання першої допомоги і виклику медичного працівника. Хімічна обробка посівів та інших об'єктів повинна проводитися тільки після попереднього обстеження і встановлення фахівцями із захисту рослин її доцільності; забороняється обробка пестицидами ділянок, які не потребують її [97].

Перш ніж застосувати препарат, керівник робіт зобов'язаний твердо знати, чи придатний він, і чи відповідає своєму найменуванню і стандарту (одержувач пестициду зі складів повинен вимагати такі дані). У сумнівних випадках необхідно відібрати зразок і направити його на аналіз в найближчу контрольну-токсикологічну лабораторію.. У всіх випадках застосування пестицидів треба проводити відповідно до біології культури і шкідливих організмів, вибираючи оптимальні з рекомендованих терміни. Всі хімічні обробки посівів, насаджень реєструються в спеціальних журналах [98]. Записи оформляють і підписують керівник робіт і головний агроном підприємства, а також бригадир або ланковий. Ці записи є офіційними документами при перевірці якості робіт або перевірці, санітарно-гігієнічному контролю продукції. Застосування будь-якого пестициду в кожному конкретному випадку повинно проводитися на підставі затверджених Міністерством сільського господарства України інструкцій, рекомендацій і методичних вказівок, наказів, положень і вказівок за технологією і регламентам застосування пестицидів. Особливої уваги потребують питання дозування пестицидів, норми робочих складів і кратності обробок. Категорично забороняється збільшувати норми витрати пестицидів і кратність їх застосування, передбачені «Списком», неприпустимо також присутність сторонніх осіб в місцях роботи з пестицидами. Обробку посівів і

насаджень слід проводити строго в рекомендовані терміни. Особливо ретельно потрібно дотримуватися термінів останніх обробок, які вказуються в «списку». Це також підстава для заповнення сертифіката при відправці продукції на продаж або заготівлю, а також вихідними матеріалами для аналізу за динамікою пестицидів в навколишньому середовищі. Будівництво складів для зберігання пестицидів, влаштування майданчиків для приготування робочих розчинів, заправки ними машин і апаратури, протруювання насіння і приготування приманок, злітно-посадкових майданчиків і місць знешкодження техніки не допускається у водоохоронній зоні рибогосподарських водойм і повинно проводитися не ближче 200 м від культурно-просвітніх і житлових приміщень, тваринницьких і птахівницьких ферм, вододжерел, місць концентрації корисних і диких тварин і птахів [99].

Завчасно, перед початком проведення кожної окремо хімічної обробки, адміністрація господарств оповіщає все навколишнє населення, санітарно-епідеміологічну та ветеринарну служби, бджолярів про необхідність вжиття заходів з охорони бджіл, а в разі застосування препаратів на територіях, прилеглих до рибогосподарських водойм, і органи рибоохорони про місця і терміни обробок, використовуваних для цих цілей препаратах і методах їх застосування. На кордоні обробленої ділянки виставляють єдині знаки безпеки при роботі із засобами хімізації, які прибирають після закінчення встановлених карантинних термінів. Для охорони бджіл від впливу пестицидів обробку слід проводити в пізні вечірні години за допомогою наземної апаратури, Пасіки необхідно вивезти на відстань не менше 5 км від оброблюваних ділянок або ізолювати бджіл, на терміни, зазначені в інструкції.

Обробка рослин повинна проводитися тільки пестицидами, дозволеними для продажу населенню, а якщо до роботи залучені загони "сільгоспхімії" - препаратами, дозволеними "Списком", при дотриманні всіх вимог безпеки, із застосуванням тракторної або ручної апаратури. При проведенні робіт необхідно закривати всі вікна і двері житлових і

тваринницьких приміщень і оберігати від попадання пестицидів в джерела водопостачання, корму і посадки культур, що не підлягають обробці.

Всі роботи з пестицидами в жарку погоду слід проводити в ранні ранкові та вечірні години, при відсутності висхідних потоків повітря, в похмурі і прохолодні дні допускається проведення їх і в денні години. Забороняються обробки перед дощем і під час дощу. Проведення польових робіт в суху жарку погоду на оброблених пестицидами площах з високорослими, погано провітрюваними рослинами допускається не раніше ніж через 2 тижні. Терміни виходу людей на оброблені пестицидами ділянки для виконання польових робіт відображені в інструкції. Особи, які перевіряють ефективність хімічного захисту незабаром після обробок, повинні користуватися засобами індивідуального захисту. Механізовані роботи на ділянках, оброблених пестицидами незалежно від термінів їх застосування, допускаються при наявності на тракторах герметизованих кабін. Заправка машин проводиться тільки при повній їх зупинці і відключеному Валі відбору потужності.

Пестициди, що відносяться до дуже стійким речовин, при внесенні в ґрунт повинні застосовуватися на одному і тому ж ділянці не частіше одного разу на 3 роки, крім протруйників насіння і препаратів для отруєних приманок.

При хімічних роботах повинні бути прийняті всі необхідні заходи щодо запобігання забруднення повітря, води, ґрунту і продуктів харчування пестицидами понад рівень гранично допустимих концентрацій.

Після завершення всіх робіт обладнання та апаратура очищаються, знешкоджуються і миються від залишків пестицидів на пунктах протруювання насіння, приготування робочих розчинів і отруєних приманок. Забороняється використовувати машини, механізми, ранцеву апаратуру та інші прилади з хімічного захисту для інших господарських потреб.

Безпека праці та охорона навколишнього середовища при роботі з хімічними препаратами повинна бути забезпечена максимальною

механізацією трудомістких і небезпечних робіт, використанням прогресивних технологій, сучасних препаративних форм і способів внесення препаратів з найсуворішим дотриманням гігієнічних регламентів і санітарних норм. Контроль за дотриманням господарствами, спеціалізованими загонами, ділянками і групами по захисту рослин органів комунального господарства та іншими підприємствами, установами та організаціями встановлених регламентів і правил зберігання, транспортування і застосування пестицидів, що забезпечують отримання максимального ефекту від їх використання, і недопущенням накопичення пестицидів понад встановлені гранично допустимих рівнів в сільськогосподарській продукції, ґрунті, водоймах та інших об'єктах, а також за дотриманням усіма землекористувачами заходів з охорони навколишнього середовища від забруднення пестицидами покладається на органи державної служби України захисту рослин.

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження по вивченню впливу післясходових гербіцидів Пума Супер 75 і Секатор Турбо на репродуктивну систему сільськогосподарських рослин і ґрунт дозволили зробити наступні висновки:

1. Найбільш ефективною культурою по чуйності на присутність післясходових гербіцидів Пума Супер 75 і Секатор Турбо в ґрунті є крес-салат, так як він показав результат вже на третю добу від початку експерименту. Іншою придатною для тестування рослиною є редис, відмінності між варіантами експерименту були виявлені на третю і сьому добу оцінки експерименту. Найменш результативною виявилася пшениця, так як ефект негативного впливу післясходових гербіцидів проявився тільки на сьому добу.

2. При дослідженні довжини корінців і паростків придатний для тестування крес-салат. Аналогічний йому редис, на якому були отримані достовірні відмінності між варіантами досліду.

3. У моніторингу токсичної дії післясходових гербіцидів можна використовувати ряску малу, по якій легко диференціювати ґрунт різного рівня забруднення на сьому добу проведення експерименту.

4. Розроблено та запропоновано для практичного використання біологічного тестування ґрунту біологічні моделі аналізу ґрунтових зразків, що дозволяють підтримувати постійний мікроклімат тестованих зразків.

5. Аналіз ліній гербіцидостійкого соняшнику, обробленого гербіцидом Євро-Лайтнінг в фазу 3-4 пар справжніх листків показав, що фертильність пилку у оброблених ліній соняшнику не знижується при нормі фертильності 90-100%. У всіх випадках фертильність пилку була в межах норми.

За результатами аналізу репродуктивної системи озимої м'якої пшениці було отримано, що на фертильність пилку достовірно впливає тільки варіант досліду «Обробка гербіцидами».

6. Дослідження кількості пилкових зерен в пильовику пшениці в залежності від обробки післясходовими гербіцидами Пума Супер 75 і Секатор Турбо в фазі кушіння показали, що істотних відмінностей між варіантами з обробкою гербіцидами та без них не виявлено, середня кількість пилкових зерен в пильовику знаходилося в межах 2829 -2946 шт., що досить для успішного запліднення.

Визначення життєздатності пилку пшениці в лабораторних умовах не дає інформації про вплив післясходових гербіцидів на рослини пшениці, так як відсоток пророслих пилкових зерен занадто низький і коливається в межах 5-10%.

7. За результатами порівняння елементів продуктивності рослин пшениці встановлено, що з 8 врахованих ознак статистично достовірні відмінності виявлені тільки для чотирьох: довжина колоса, число колосків, маса колоса, число зерен з колоса в вивчених варіантах, що свідчить про негативний вплив внесення післясходових гербіцидів на продуктивні якості рослин пшениці. Відмінності між варіантами досліду виявлено по п'яти ознаках, їх частка становила від 1% до 17% від загальної мінливості ознак. Невисока частка ефектів вивчених факторів дисперсії («Варіант» та «Взаємодія») пояснюється значною індивідуальною мінливістю рослин в межах досліджуваних вибірок. Показники продуктивності колоса рослин у варіанті «Без обробки» статистично достовірно були більше, ніж у варіанті «З обробкою».

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Пропонуються методи оцінки адаптивних і врожайних властивостей вищих рослин оброблених післясходовими гербіцидами на основі аналізу репродуктивної системи, станом чоловічого гаметофіту, аналізу структури врожаю колоса і біотестування ґрунту. При біологічному тестуванні ґрунту на присутність післясходових гербіцидів аналізують ґрунт з використанням біологічних моделей, і двох тест-культур: крес-салату і ряски малої. Для

індивідуального аналізу продуктивності рослин використовувати біологічні моделі, сушки малих партій насіння і зберігання плодів рослин. Для оцінки дії післясходових гербіцидів на рослини в посівах соняшнику та озимої м'якої пшениці використовувати пилковий аналіз з визначенням фертильності і однорідності пилкових зерен.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Тюпаков Э. Ф. Озимая пшеница на Северном Кавказе. Монография. Элиста : ЗАО «НПП «Джангар», 2008. 326 с
2. Бажина Е. В. Влияние язвенного рака на жизнеспособность пыльцы и изменчивость признаков побегов сосны обыкновенной. Экология. 2012. № 2. С. 96–101.
3. Основи землеробства та рослинництва. П.С. Лозовіцький К. 2010 268 с.
4. Протопіш І.Г. Формування врожаю та якості зерна пшениці озимої залежно від строків сівби, попередників та сорту в умовах Лісостепу правобережного.. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.09 – рослинництво, 2016.
5. Авраменко Р.А., Кірсанова Г.В. Визначення біологічного врожаю основних сільськогосподарських культур: Дніпропетровськ, 2004. 84с
6. Методичні вказівки до вивчення курсу, виконання лабораторних робіт, згідно вимог кредитномодульної системи навчання напряму підготовки 090101 – агрономія. Укл.: М.І.Григор'єв, Кіровоград: КНТУ, 2014. 72с.
7. Сало Л.В. Методичні рекомендації до лабораторних занять з дисципліни "Ботаніка. Систематика вищих рослин. Генеративні органи рослин" для студентів агрономічних спеціальностей. Рекомендовано до друку на засіданні каф. загального землеробства ЦНТУ від 28.08.2019 року, протокол № 1.
8. Тоцький В.М. Генетика. Одеса: Астропринт, 2008. 712 с
9. Сатарова Т. М. Біотехнологія рослин: [навчальний посібник]. Дніпропетровськ : Адверта, 2016. 136 с.
10. Каленська С. М. Рослинництво. К.: НАУУ, 2005. 502 с

11. Яндовка Л. Ф. Фертильность и жизнеспособность пыльцы *Cerasus vulgaris* и *C. Tomentosa* в связи с УФ-облучением. Успехи современного естествознания. 2006. № 11. С. 57–58
12. Лікарські рослини: Енциклопедичний довідник/Відп. ред. А.М. Гродзинський. К.: Українська енциклопедія ім. М.П.Бажана, 1992. 544 с.
13. Adachi Y. Characteristics of fruiting and pollen tube growth of ap-pleau to tetraploid cultivars showing self-compatibility. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 2009. № 78 (4). P. 402–409.
14. Батыгина Т. Б. От микроспоры – к сорту. М. : Наука. 2010. 174 с
15. Ибрагимова Э. Э. Индикация загрязнения окружающей среды в урбанизированных экосистемах с использованием пыльцы *Pinussy lvestris L.* Ученые записи Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». 2009. Т. 22 (61). №4. С.54–65.
16. Курманов Р. Г. Палинология : Учебное пособие. Уфа: РИЦ БашГУ, 2012. С. 92.
17. Кашин А. С. Апомиксис. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1999. 102 с.
18. Дубровский М. Л., Папихин Р. В., Брюхина С. А. Цитологические особенности формирования мужского гаметофита у отдаленных гибридов *Pyrus Malus* и *Ribes Crossularia*. Вестник Тамбовского ун-та. 2011. Т. 16. №2. С. 633–637.
19. Круглова Н. Н. Анализ развития пыльников и пыльцевых зерен амброзии трехраздельной и циплохены дурнишниковолистной: возможные критические стадии. Вестник ОГУ. 2009. № 6. С. 176–178.
20. Круглова Н. Н. Анализ развития пыльников и пыльцевых зерен амброзии трехраздельной и циплохены дурнишниковолистной: возможные критические стадии. Вестник ОГУ. 2009. № 6. С. 176–178.
21. Цаценко Л. В., Андреева Ю. С., Синельникова А. С. Пыльцевой анализ сельскохозяйственных растений (цитологический словарь с иллюстрациями). Краснодар: КубГАУ, 2012. 67 с.

- 22.Круглова Н. Н. Критические фазы развития спорогенной клетки пыльника: к постановке проблемы. Цитология. 2001. Т.43. № 3. С. 86–87
- 23.Цаценко Л. В., Синельникова А. С. Пыльцевой анализ в селекции растений. Политематический сетевой электронный научный журнал «Кубанский государственный аграрный университет». 2012. №3 (077). С. 88–98.
- 24.Насіннєзнавство та методи визначення якості насіння сільськогосподарських культур: Навчальний посібник/За ред. С.М.Каленської. Навчальний посібник. Вінниця.: ФОП Данилюк, 2011. 323 с.
- 25.Черепанова О. Е., Мишихина Ю. Д. Влияние факторов среды (температуры и влажности воздуха) на качество пыльцы сосны обыкновенной (*Pinussy lvestris L.*)/. аграрный вестник Урала. 2012, №07 (99). С 72–73.
- 26.Батыгина Т. Б. Эмбриология пшеницы Л., «Колос», 1974. 206 с.
- 27.Альтергот В. Ф., Мордкович С. С., Фадеева Л. Г. Тепловые нарушения развития мужского гаметофита у яровой пшеницы. Физиология и биохимия культурных растений. 1998. Т.10. № 5. С. 451–456.
- 28.Спиридонов Ю. Я. Рекомендации по применению имидазолиноновых гербицидов в посевах зернобобовых культур в России. Физиология и биохимия культурных растений. 1999. Т.11. № 5. С. 451–456
- 29.Мунтян Людмила Варіковна Продуктивність сортів пшениці озимої залежно від норм висіву та удобрення в рисових сівоzmінах Південного степу України 06.01.09 – рослинництво дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук. Херсон – 2017. – 181 с.
- 30.Брейгина М. А., Смирнова А. В., Матвеева Н. П., Изменения мембранного потенциала в процессе прорастания пыльцевого зерна и роста пыльцевой трубки. Цитология. 2009. Т. 51. № 10. С. 815–823

31. Kelly J. K. A method to estimate pollen viability from pollen size variation. *American journal of Botany*. 2002, № 89. P. 1021–1023
32. Куликович Е. Н., Пайкова М. А., Барчевская Е. Ф. Пыльцевой анализ в селекции клевера лугового на высокую адаптивную способность. Межд. науч. Конф. "От классических методов генетики и селекции к ДНК-технологиям": (к 95-летию со дня рождения академика Н. В. Турбина). Минск, 2007. С. 47
33. Моніторинг та охорона біорізноманіття в Україні : Рослинний світ та гриби/Серія: «Conservation Biology in Ukraine». Вип. 16. Т. 1. Київ; Чернівці: Друк Арт, 2020. 280 с.
34. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. Под ред. Мелеховой О. П., Егоровой Е. И. М. : Академия, 2007. – 288 с.
35. Круглова А. Е. Оценка качества пыльцевых зерен в зрелых пыльниках остролодочника сходного в условиях интродукции. *Вестник Удмуртского университета*. 2011. Вып.1. С. 67–74.
36. Гудкова Т. И. Физиолого-цитологические исследования причин стерильности пыльцы яровой пшеницы в условиях пониженных температур. *Научные труды СПБАУ*. 2000. Вып. 394. С.103–108
37. Круглова А. Е. Периодизация морфогенеза пыльника остролодочника сходного. *Интродукция растений: теоретические, методические и прикладные проблемы: материалы Междунар. науч. конф. Йошкар-Ола*. 2009. С. 178–181
38. Куприянов П. Г., Жолобова В. Г. Уточнение понятий нормальная и дефектная пыльца в антморфологическом методе. *Апомиксис и цитоэмбриология растений*. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та. 1975. Вып. 3. С. 45–52
39. Мейер-Меликян Н. Р. Принципы и методы аэропалинологических исследований. М., 1999. С. 5–8

- 40.Ибрагимова Э. Э. Оценка последствий аэротехногенного загрязнения окружающей среды выбросами автомобильного транспорта по их гаметоцидному влиянию на высшие растения. Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2010. Вып. 2. С. 192-199.
- 41.Дьяченко Г. И. Мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг): учебное пособие. НГТУ, 2003. 64 с.
- 42.Евгеньев М. И. Тест-методы и экология. Соросовский образ. журнал. 1999. Т. 5. № 11. С. 29–34.
- 43.Макогон И. В. Качество пыльцы *Piceaabies (L.) Karst.* в дендрарии донецкого ботанического сада Нан Украины. Промышленная ботаника. 2007. Вып. 7. С. 148–150
- 44.Паушева З. П. Практикум по цитологии растений. М.: Агропромиздат. 1988. 208 с.
- 45.Пухальский В. А. Практикум по цитологии и цитогенетике растений. М.: Колос, 2007. 198 с
- 46.Злобин Ю. А. Реальная семенная продуктивность. Эмбриология цветковых растений: Терминология и концепции: Системы репродукции. СПб. : Мир и семья. 2000. Т. 3. С. 260–262
- 47.Бажина Е. В., Квитко О. В., Муратова Е. Н. Мейоз при микроспорогенезе и жизнеспособности пыльцы у пихты сибирской в среднегорье Восточного Саянса. Лесоведение. 2007. № 1. С. 57–64
- 48.Солнцева М. П., Глазунова К. П. Влияние промышленного и транспортного загрязнения среды на репродукцию семенных растений. Журнал общей биологии. 2010. Т. 71, № 2. С. 163–175.
- 49.Звягина А. С. Показатель фертильности мужского гаметофита как критерий в биотестировании влияния гербицидов на репродуктивную систему озимой мягкой пшеницы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/04/pdf/50.pdf>

50. Круглова А. Е. Оценка качества пыльцевых зерен в зрелых пыльниках остролодочника сходного в условиях интродукции. Вестник Удмуртского университета. 2011. Вып.1. С. 67–74.
51. Проскурина А. А. Урожайность и засоренность яровой пшеницы по основной обработке почвы. Вестник Краснояр. гос. аграр. ун-та. 2011. Вып. № 9 (77). С. 309–311
52. Яблонская Е. К., Плотников В. К. Влияние гербицида 2,4-д и антидота фурулан на ростовые и синтетические процессы в проростках озимой пшеницы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2006/08/pdf/31.pdf>
53. Цаценко Л. В., Синельникова А. С., Нековаль С. А. Пыльцевой анализ сельскохозяйственных растений: метод. Пособие. Краснодар: КубГАУ, 2012. 56 с.
54. Цаценко Л. В., Андреева Ю. С., Синельникова А. С. Пыльцевой анализ сельскохозяйственных растений (цитологический словарь с иллюстрациями). Краснодар: КубГАУ, 2012. 67 с.
55. Очнев А. С. Продуктивность гибридов и самоопыленных линий кукурузы в зависимости от химического способа борьбы с сорняками на выщелоченном черноземе Западного Предкавказья: автореф. дис. канд. с. – х. наук. – Краснодар, 2006. – 24с.
56. Козлова Е. В., Злотникова О. В. Реакция мужского гаметофита пшеницы на обработку посевов гербицидом секатор турбо и его смесью с гепардом экстра. Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2012. № 12. С. 95–99.
57. Козлова Е. В., Злотникова О. В. Сохранение эффекта влияния гербицидов на формирование мужского гаметофита яровой пшеницы в последующих поколениях. Тр. Красноярского ГАУ. 2009. № 34. С. 36–39.
58. Гераськин, С.А.; Сарапульцева, Е.И.; Цаценко, Л.В. Биологический контроль окружающей среды: генетический мониторинг. Издательский Центр «Академия», 2010. 208 с.

59. Лисовицкая О. В., Терехова В. А. Фитотестирование: основные подходы, проблемы лабораторного метода и современные решения. Доклады по экологическому почвоведению. 2010. № 1. Вып. 13. С. 1–18
60. Галицкая П. Ю. Тестирование отходов, почв, материалов с использованием живых систем: Учебно-методическое пособие. Казань: Казанский университет, 2011. 47 с.
61. Заболотских В. В. Биоиндикация и биотестирование: лабораторный практикум. Тольятти: ТГУ, 2011. 135 с.
62. Губанов Я. В. Озимая пшеница. М., 1983. 358 с
63. Филипчук О. Д., Орлов В. Н. Гербицид Евро-Лайтнинг: действие и последствие. Защита и карантин растений. 2010. № 6. С. 61–63
64. Лукомец В. М. Цитологический скрининг мужского гаметофита линий подсолнечника, устойчивых к имидазолиноновым гербицидам. Труды Кубанского государственного университета. 2012. № 2 (35). С. 117–122
65. Куликова Н. А. Гербициды и экологические аспекты их применения : Учебное пособие. М. : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. 152 с
66. Антохина С. П., Патей Е. С., Кабанова Н. В., Соколик А. И., Юрин В. М. Влияние некоторых гербицидов на сельскохозяйственные растения. Труды БГУ. 2011. Т. 6 (2). С. 22–32
67. Мехдиев Т. В. Изучение влияния гербицидов, применяемых на посевах озимой пшеницы, на показатели качества зерна и урожайность. Аграрный вестник Урала. 2012 С. 13–17
68. Сорока С.В. Обработка гербицидами зерновых культур методом УМО эффективна и экономична. Защита и карантин растений. 2012. №12. С. 33-37
69. Круглова А. Е. Периодизация морфогенеза пыльника остролодочника сходного. Интродукция растений: теоретические, методические и прикладные проблемы: материалы Междунар. науч. конф. Йошкар-Ола. 2009. С. 178–181

- 70.Тороп Е. А. Метод анализа структуры урожая зерновых колосовых по З. А. Морозовой и его применение в селекционной практике (на примере сортов озимой ржи). Сельскохозяйственная биология. 2009. № 1. С. 118–124
- 71.Заболотских В. В., Васильев А. В., Танких С. Н. Экспресс-диагностика токсичности почв, загрязнённых нефтепродуктами. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. №1 (3). С. 734–738
- 72.Васильев А. В. Экологический мониторинг токсического загрязнения почвы нефтепродуктами с использованием методов биотестирования. Нефтегазовое дело. 2012. № 4 С. 242–250
- 73.Адиньяев, Э.Д. Экономическая стратегия интенсификации кукурузоводства. М.: Агропромиздат, 2008. 208 с
- 74.Програма розвитку та підтримки аграрного комплексу Полтавщини за пріоритетними напрямками на період до 2027 року <http://apk.adm-pl.gov.ua/storinka/programa-rozvitku-ta-pidtrimki-agrarnogo-kompleksu-poltavshchini-za-prioritetnimi>
- 75.Витрати на ефективність виробництва продукції в сільськогосподарських підприємствах (моніторинг) за ред. Ю.П. Воскобійника. К. : ННЦ ІАЕ, 2013. – 440 с
- 76.Смирных М.И., Бабкина И.А., Малышева Е.В., Оценка влияния гербицидов на продуктивность озимой пшеницы. Биотехнологические приемы производства и переработки сельскохозяйственной продукции (материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, г. Курск, 8 февраля 2021 г., ч.1). Курск: 2021. С. 6-12
- 77.Синеголовский М.О. Экономическая оценка эффективности применения гербицидов на сое. Земледелие. 2013. №7. С. 35-37
- 78.Захаренко В.А. Экономические пороги вредоносности сорных растений в посевах основных сельскохозяйственных культур (рекомендации). М.: Агропромиздат, 1989. 25 с.

- 79.Боярчук В. Економічна та енергетична ефективність виробництва ячменю озимого, пшениці озимої, кукурудзи, цукрового буряку та біопалива на їх основі. Аграрна економіка. 2012. Т. 5, № 1-2. С. 105
- 80.Чирак М. В., Чирак І.М. Стан та джерела зростання українського експорту сільськогосподарської продукції. Ефективна економіка. 2018. № 2.
- 81.Філімонов Ю.Л. Економічна ефективність виробництва продукції рослинництва у сільськогосподарських підприємствах Спеціальність 08.00.04 – економіка та управління підприємствами АВТОРЕФЕРАТ дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук Харків – 2009
- 82.Біоенергетична оцінка систем удобрення і агротехнологій/Ю. О. Тараріко та ін. К., 2005. 40 с.
- 83.Офіційний вебсайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
- 84.Тараненко С. В., Маренич М. М. Економічні аспекти застосування бакових сумішей гербіцидів на посівах озимої пшениці. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2008. №3. С. 21-24
- 85.Маренич М. М., Юрченко, С. О., Баган, А. В., Єщенко, В. М. Формування продуктивності сортів пшениці озимої під дією гумінових речовин. Вісник Полтавської державної аграрної академії, 2018. №1, 6366
- 86.Кисіль В. І. Агрохімічні аспекти екологізації землеробства. Х.: 13 типогр., 2005. 167 с.
- 87.Закон України Про охорону навколишнього природного середовища (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1991, № 41, ст.546) Документ 1264XII, чинний, поточна редакція від 12.10.2018, підстава 2354VIII
- 88.Самойлік М.С. Ресурсноекологічна безпека регіону: монографія. Полтава: Сімон, 2014. 317 с.

89. Закон України Про оцінку впливу на довкілля (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 29, ст.315) Документ 2059VIII, чинний, поточна редакція Прийняття від 23.05.2017
90. Декларація про державний суверенітет України (Відомості Верховної Ради УРСР (ВВР), 1990, N 31, ст.429) Документ 55XII, поточна редакція — Прийняття від 16.07.1990
91. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів: Монографія. За ред..В.П. Патики К:Основа, 2005, 300 с.
92. Закон України Про охорону праці (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, № 49, ст.668) Документ 2694XII, чинний, поточна редакція — Редакція від 20.01.2018, підстава 2249VIII Про охорону праці: Закон України від 21 листопада 2002 року № 229IV // Відомості Верховної Ради України. 2003. № 2. С. 10
93. Закону України від 02.03.1995 № 86/95ВР «Про пестициди і агрохімікати». ДСанПіН 8.8.1.2.00198
94. Державні санітарні правила "Транспортування, зберігання та застосування пестицидів у народному господарстві".
95. Правила охорони праці для працівників, зайнятих на роботах зі зберігання та переробки зерна НПАОП 15.01.0117
96. Основи охорони праці. За ред. К. Н. Ткачука і М. О.Халімовського. К.: Основа, 2006. – 448 с
97. Конвенція МОП № 184 2001 року про безпеку та гігієну праці в сільському господарстві: ратифіковано Законом України від 1 квітня 2009 року № 1216VI // Офіційний вісник України. 2009. № 29. Ст. 960
98. Шудренко І. В. Охорона праці в галузі: навч. посіб. Житомир: ЖНАЕУ, 2017. 136 с.