МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет агрономії

Кафедра генетики, селекції рослин та біотехнології

Допущено до захисту
«_____» _____2025 р.
Завідувач кафедри,
доктор сільськогосподарських наук,
професор
_____Людмила РЯБОВОЛ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ступеня вищої освіти магістр

СТВОРЕННЯ ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ЖИТА ОЗИМОГО В СЕЛЕКЦІЇ НА ГЕТЕРОЗИС В УМОВАХ УМАНСЬКОГО НУС

Виконав: студент II курсу, групи 25 м-а
Спеціальності Н1 «Агрономія»
Левчека Богдана Івановича

Керівник – Рябовол Л. О.

Умань – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП…… . 4

РОЗДІЛ 1. ГЕНЕТИЧНІ ОСНОВИ ГЕТЕРОЗИСНОЇ СЕЛЕКЦІЇ ЖИТА ОЗИМОГО ……6

1. 1. Самонесумісність і самофертильність рослин…. 6

1. 2 Цитоплазматична чоловіча стерильність рослин жита озимого та її використання в селекції…….....10

1. 3. Гетерозис та його використання в селекції жита озимого. . .. .14

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ ……. ……18

2. 1. Біологічна характеристика жита озимого……18

2. 2. Особливості вихідного матеріалу ……. …...20

РОЗДІЛ 3. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ…..... 21

3. 1. Агрокліматичні умови проведення досліджень ……. 21

3. 2. Схема досліду …… …….....22

3. 3. Методи досліджень…… …….....22

РОЗДІЛ 4. СТВОРЕННЯ ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ГЕТЕРОЗИСНОЇ СЕЛЕКЦІЇ ЖИТА ОЗИМОГО ……. 25

4. 1. Створення самофертильних ліній жита озимого – кандидатів у закріплювачі стерильності…….....25

4. 2. Створення чоловічо-стерильних аналогів жита озимого 30

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА. 36

5. 1. Моделювання виробничих небезпек у селекційному процесі ….36
5.2 Охорона навколишнього середавища за агроекологічних підходів вирощування сільськогосподарських культур.....38

ВИСНОВКИ……. . 41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ . . . . .. …….....42

ВСТУП

Зростаючий рівень інтенсифікації сільськогосподарського виробництва ставить завдання створення сортів і гібридів майже усіх сільськогосподарських культур, зокрема і жита озимого, які мали б високу та стабільну урожайність і були економічно та технологічно орієнтовані на конкретні ситуації [1].

Одним із важливих чинників досягнення високої і стабільної урожайності жита озимого є використання цитоплазматичної чоловічої стерильності (ЦЧС), що дозволяє отримати гібридне насіння у необхідній кількості без додаткових витрат праці на кастрацію квіток материнських форм. У гібридів існує ще одна перевага, а саме розширюється їх генетичний потенціал, оскільки у схрещування можна залучити генплазми ширшого спектру за походженням з гарантованим одержанням лише гібридного насіння. При цьому виключається внутрішньосортове перезапилення, характерне за гібридизації фертильних сортів або ліній за умови їх перехресної сумісності [7].

За останні роки врожайність жита озимого значно підвищилася завдяки створенню короткостебельних сортів і гібридів, хоча потенціал урожайності його вдається реалізувати лише на 41–78% від можливого [25].

Актуальність теми обумовлена вкрай незадовільним станом розвитку гетерозисної селекції жита в Україні, що пов’язано з питанням створення вихідного матеріалу для гетерозисної селекції жита озимого та формування на його основі ЦЧС гібридів.

Метою роботи було створення вихідного матеріалу для гетерозисної селекції жита озимого на лінійній основі за використання донорів самофертильності та ЦЧС з комплексом господарсько цінних ознак і особливостей.

Селекційна робота передбачала виконання наступних завдань:

- створення самозапильних ліній шляхом схрещування сортів популяцій з донорами самофертильності;

- створення чоловічо-стерильних аналогів шляхом проведення індивідуальних доборів та використання насичуючих схрещувань;
- встановлення закріплювально-відновлювальної здатності ліній схрещуванням їх із пилкостерильними формами.

Апробація результатів досліджень. Результати досліджень за темою кваліфікаційної роботи заслухано та обговорено на науковому гуртку кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології і Всеукраїнській науковій конференції «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі» (м. Умань – 2025 р.)

РОЗДІЛ 1
ГЕНЕТИЧНІ ОСНОВИ ГЕТЕРОЗИСНОЇ СЕЛЕКЦІЇ ЖИТА ОЗИМОГО

1. 1. Самонесумісність і самофертильність рослин

Самостерильність обумовлена генетичним механізмом самонесумісності і пов'язана з біологічною особливістю жита. Жито озиме самонесумісна культура, тому при примусовому самозапилені зав'язується дуже мало насіння, а іноді воно зовсім не утворюється. Але самонесумісність у сортів-популяцій жита не є абсолютною. Крім того, відмічено вплив зовнішніх факторів на зав'язування насіння жита при інбридингу [2, 8]. Так, при підвищенні температури повітря руйнуються продукти життєдіяльності пилку, тим самим збільшується псевдосамосумісність.

При створенні вихідного матеріалу виявляється потенціал внутрішньовидового спадкового різноманіття. Тому необхідно створювати об'ємні колекції популяцій даного виду із різних еколого- географічних зон і вивчити міжпопуляційну мінливість. Багаторічне дослідження популяцій дозволило в багатьох випадках виявити існуючий в них поліморфізм за різними ознаками: морфологічними, фізіологічними, біохімічними, каріологічними. Ретельне дослідження популяцій жита, буряків цукрових, конюшини, маку, різних сортів капусти показало наявність в них чіткого поліморфізму за сумісністю при запиленні [3, 4]. Є відомості про внутрішньо-популяційний поліморфізм за біохімічними ознаками – запасними білками насіння, великої кількості форм ферментів та іншими характеристиками [6].

Згадані методи дозволяють виявити потенціал мінливості жита лише частково. Межі мінливості визначаються рецесивними алелями генів, які знаходяться в популяціях у гомозиготному стані. Єдиний надійний метод

виявлення цієї мінливості – використання примусового самозапилення (інбридинг).

Використання інбридингу для вивчення генетичної структури популяцій виявилося ефективним лише у кукурудзи, яка характеризується перехресним запиленням і здатна зав'язувати значну кількість насіння при примусовому самозапиленні. Практично в усіх перехреснозапильних культур алогамія визначається спеціальними генами несумісності. Цей генетичний механізм робить дослідження з інбридингу малоефективним, оскільки в популяціях жита озимого більша половина рослин виявилася самостерильними, а інша частина рослин зав'язує малу кількість насіння [9].

Тривалий час успішно вирішити питання отримання цінних інбредних ліній у жита не вдавалося через високу ступінь самостерильності і сильну депресію при інцухті [15, 34].

Інбредна депресія обумовлена переходом рецесивних генів в гомозиготний стан і проявляється у жита практично за всіма ознаками продуктивності [4, 20]. За даними ряду авторів [17, 35], одна із негативних сторін інбридингу – ослаблення рослин в процесі тривалого самозапилення і виникнення в потомках різноманітних мутантних форм або форм, не властивих даній популяції. Найбільш сильна депресія у потомстві спостерігається у перших поколіннях інбридингу і проявляється у зниженні життєздатності, зниженні висоти рослин і урожайності, у різного роду небажаних відхиленнях від норми морфологічних ознак і функцій рослин через зменшення дії факторів, притаманних гомозиготному стану рослин.

Найменша депресія у жита виявлена за висотою рослин (23,6%), а найвища – за масою зерна з колоса (58,0%), числом зерен в колосі (39,1%), масою 1000 зерен (37,3%) [25, 30].

Збільшення зав'язування насіння від самозапилення можна досягнути, якщо ізолювати не окремі колоски, а повністю всю рослину. Досліди [16, 25] показали, що при збільшенні числа продуктивних пагонів на ізольованій

рослині зав’язується більше насіння. Тому посів рослин, призначених для самозапилення, необхідно проводити в ранні строки, щоб вони могли добре розкущитися. З 5–8 пагонів приблизно 50% зав’язують від 1 до 10 зерен при самозапиленні.

Висока самофертильність ліній успадковується і проявляється як домінантна ознака. Характер розщеплення у другому поколінні свідчить про полімерний характер дії невеликої кількості генів, які контролюють ознаку самофертильності [18].

Впродовж певного періоду селекція інбредних ліній жита методом інбридингу проводиться за схемою, запропонованою H. H. Geiger [35]. В подальшому вони були упорядковані методично, але їх маштабна реалізація ще залишається важкою технічною проблемою для селекціонерів.

В Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр’єва в 1966 році з метою отримання самофертильних ліній використано 13 сортів жита (Харківське 60, Харківське 55, Харківське 194, Волжанка, Житомирське, Балтія, Саратовське крупнозерне, Тамбовське, Литовське 3, Таращанське 4, Ржаксинське, Німчиновське 56, і Карликове) [10, 12]. З досить великої кількості селекційних матеріалів було ізольовано 1390 рослин, з яких 850 виявилися самостерильними, а 540 рослин – різного ступеня самофертильними. При підвищенні самофертильності в F_1 відсоток високофертильних рослин в F_2 збільшується. Серед групи рослин F_1 з низькою фертильністю в I_1 виявилося 2,48% високосамофертильних рослин, у групі середньої фертильності – 7,73%, а в групі високосамофертильних рослин – 33,3%.

В подальшому щорічно вивчали 1,5–2 тис. ліній, отриманих на міжлінійних гібридах і в 64 сортах жита озимого різних екологічних груп. В результаті було отримано самосумісні лінії з різним ступенем самофертильності на сортах В’ятка, Карлик московський, Кишвардай, Varne та інші, а також на міжлінійних гібридах.

Найбільший інтерес викликала самофертильна лінія 99, отримана із

гібриду від схрещування інбредних ліній (I_2) сортів Харківське 60 і Карлик московський. Рослини даної лінії зберігали високу ступінь зав'язування насіння при самозапиленні одного колосу (78–98%) протягом шести поколінь інбридингу.

Цілеспрямовану роботу з отримання інбредних ліній жита в Науково-дослідному інституті сільського господарства центрального району нечорноземної зони розпочали у 1990 році. Вихідним матеріалом для інбридингу були гібридні популяції від схрещування донорів високої самофертильності з сортами Восход 1 і Альфа.

Як донори самофертильності використовували високосамофертильні лінії 2539-47-1-1, 2539-124-1-1, 2542-62-1-1, 2542-155-1-1, 4635-38-4-1 та інші, які відрізнялися більш високою зимостійкістю від вихідних джерел. Донори самофертильності використовували як материнську форму, а за батьківську – брали зимостійкі і високопродуктивні сорти неродинного походження (Восход 2, Валдай, Саратовське 5, Безенчукська 87, Варко, Аміло та декілька перспективних селекційних номерів – П-11/92, ГК-2701/92 та інші).

Великий досвід роботи з інбридингу перехреснозапильних рослин (жита озимого, буряків цукрових, конюшини, соняшника), різних видів кормових злаків (вівсяниці, тимофіївки, костриці безостої та інших), показав, що самостерильність у цих популяціях не абсолютна, що з невеликою частотою (приблизно 1% і менше) зустрічаються в популяціях автофертильні рослини, здатні зав'язувати при самозапиленні значну кількість насіння. Такий характер успадкування самофертильності дослідники продемонстрували неодноразово у різних видів рослин, у тому числі і у жита [33, 39].

1. 2. Цитоплазматична чоловіча стерильність рослин жита озимого та її використання в селекції

На даний час відомо, що цитоплазматичну чоловічу стерильність використовують у багатьох сільськогосподарських культур: кукурудзи, проса, жита, буряків, соняшника, моркви, перцю, томатів, огірків, баклажанів, люцерни, винограду, та інших, для одержання гетерозисних гібридів F_1.

Основним джерелом цитоплазматичної чоловічої стерильності жита озимого використовують стерильні рослини, знайдені у сортах-популяціях. Кількість стерильних рослин у сортах-популяціях різноманітна і коливається в межах від 20 до 0,01% і не залежить від географічного походження жита.

Найбільш детально описала це явище Є. С. Чеховска [25]. Нею були вивчені зразки селекційного матеріалу гібридного походження. Стерильні рослини виявляли, починаючи з періоду квітування жита. Пиляки стерильних рослин були недорозвинені, значно меншого розміру, ніж у фертильних форм, світло-жовтого забарвлення, часто з наявністю антоціанових плям.

Квітування стерильних рослин проходить нормально. Квіткові луски широко відкриваються, недорозвинуті пиляки виходять із квіток на укорочених пилкових нитках.

У 1966 році А. Ф. Здрилько повідомила про виявлення в ярому житі форм із чоловічою стерильністю [21, 25] (рис. 1.).

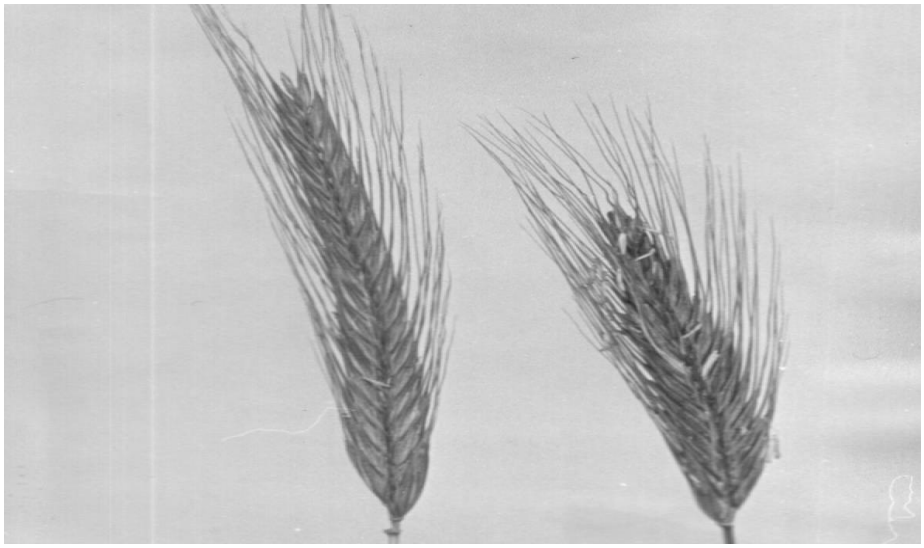


Рис. 1. Стерильні рослини жита

Разом з А. М. Дмитрієвою було проведено вивчення фізіолого-біологічних властивостей стерильних форм. Вихідним матеріалом жита озимого були 89 чоловічо-стерильних рослин, знайдених серед колекцій різних сортів, а також серед селекційного матеріалу гібридного походження. Виділені стерильні рослини за зовнішнім виглядом нічим не відрізнялися від нормальних фертильних, крім дегенерованих пиляків [22].

Незадовго до квітування стерильні рослини (їх колоси) мали помітну м'якість (в силу дегенерації пиляків) і порівняно менші розміри лицьової і бокової сторін із звичайними фертильними рослинами.

Характер виявлення стерильності у жита із різних селекційних зразків неоднаковий: чоловічо-стерильні рослини із різних сортів різняться між собою за ступенем дегенерації пиляків, здатністю їх виходити із квітки, кількості пилку, забарвленням пиляків та інших ознак. Крім того, тільки серед смітньо-польового жита зустрічаються напівфертильні рослини, які мають у межах одного колосу поряд з нормальними і повністю стерильні пиляки, а також різною деформацією пиляків з невеликою кількістю життєздатного пилку. Нормальні і деформовані пиляки із квіток виходили, а дегенеровані – не виходили.

Характер виявлення чоловічої стерильності у рослин жита озимого, виділених різними дослідниками із різних джерел, неоднаковий. Чоловічо-стерильні форми розрізняють за розміром і ступенем розвитку пилку, за кількістю пилкових зерен, за характером квітування. Єдиної класифікації типів стерильності рослин жита поки що не встановлено. Тому, вважаємо за необхідне навести відомі класифікації рослин з літературних джерел.

Для визначення ступеню фертильності пилку в рослин з чоловічою стерильністю прийнята п'ятибальна система оцінки [17, 25]:

1 бал – стерильність повна, пиляки редуковані дуже сильно (довжина 1–3 мм), не виходять із квіток. Таку ж бальну оцінку отримали і рослини з повністю стерильними пиляками, але пиляки значно більшої довжини (до 1 см);

2 бали – стерильність повна, пиляки з невеликою кількістю

дегенерованого пилку виходять із квіток, але не розкриваються. Довжина їх не перевищує 4–5мм;

3 бали – часткова фертильність. В межах колосу поряд із стерильними пиляками спостерігається хаотичне розділення з різною мірою деформованих, з невеликою кількістю життєздатного пилку, а також повністю фертильних, нормальних пиляків. Деяка кількість життєздатного пилку надає деформованим пилякам строкатий, світло-жовтий колір;

4 бали – напівфертильність пов’язана з неоднаковою кількістю стерильних і фертильних колосів у межах однієї рослини. Колосся нижнього ярусу повністю стерильне, пиляки в них дегенеровані; згідно прийнятої системи оцінки, стерильність їх – 1бал. Колосся верхнього ярусу нормальне, без ознаки стерильності. Цей тип стерильності, можливо, є наслідком генетично різноякісних тканин рослини;

5 балів – нормальні фертильні рослини.

За характером квітування розрізняють 2 типи стерильних рослин:

- квіткові луски широко відкриваються. Приймочка маточки виходить із квіток і легко доступна для попадання пилку. Пиляки при цьому можуть: а) виходити із квіток на довгих або укорочених тичинкових нитках; б) залишатися у квітці;
- квіткові луски не розкриваються або розкриваються не повністю, внаслідок чого приймочка маточки недостатньо виходить назовні, а іноді взагалі залишається прикритою квітковими лусками. Пиляки із квіток не виходять. Колоси з таким типом квітування характеризуються меншою озерненістю, через погане потрапляння пилку на приймочку маточки.

За розміром пиляків і ступенем стерильності пилку виділяють такі групи:

- пиляки за довжиною коротші половини фертильних, але значно тонші, блідо-жовті, майже білі, без пилку або мають незначну кількість дегенерованих пилкових зерен. Пилкові зерна дуже дрібні (приблизно в

4 рази менші нормальних), не забарвлюються ацетокарміном;

- пиляки трохи або наполовину коротші нормальних, але тонші, забарвлення світло-жовте, містять 50–70% стерильного (невирівняного за розміром) пилку; серед забарвлених ацетокарміном пилкових зерен лише одиниці містять спермії;
- пиляки, близькі до нормальних за розміром і кольором, містять приблизно 20–50% стерильного пилку, в забарвлених ацетокарміном пилкових зернах видні спермії.

При схрещуванні стерильних і фертильних рослин, пов'язаних зі збором пилку з одних рослин і нанесенням їх на інші рослини (особливо, коли форми квітують неодночасно) необхідно знати період життєздатності пилку і приймочки маточки рослин жита. Про період життєздатності пилку жита в літературі наведено доволі суперечливі дані. За даними [19], пилок жита у звичайних умовах живе приблизно 30–40 хвилин, кращими умовами для збереження пилку є понижена температура (+2 – +4°) і вологість повітря.

За даними інших джерел [22, 25], пилок може зберігати невелику ступінь життєздатності (до 20–28 годин), а при створенні спеціальних умов зберігання – понижена температура (+4°) і підвищена вологість повітря (70–75%), збільшується період життєздатності пилку жита до декількох днів.

Період життєздатності приймочки маточки квіток жита з чоловічою стерильністю залишається мало визначеною. Є дані, що пиляки стерильних рослин у трьох вивчених сортів втрачають життєздатність на 3–6 днів раніше, ніж фертильних.

Інші автори стверджують, що зібраний в пергаментний пакетик пилок жита озимого зберігає життєздатність впродовж двох днів при збереженні у звичайних кімнатних умовах. Приймочка колосків з чоловічою стерильністю, ізольована плівчастими ізоляторами, залишається живою протягом 8–10 днів після початку квітування. Незапилена приймочка жита фертильних рослин зберігає життєздатність набагато довше (від 10–14 і навіть до 20 днів) [25].

Із наведених даних зрозуміло, що виявлення цитоплазматичної чоловічої стерильності у жита, так як і в інших культур, в різних випадках неоднаково обумовлюються, очевидно, як внутрішніми, так і зовнішніми факторами [30, 38].

1. 3. Гетерозис та його використання в селекції жита озимого

Гетерозис – звичайне в біології явище, яке спостерігається в першому поколінні після схрещування рослин різних видів, різновидностей, сортів та ліній [28].

Гетерозис є механізмом, за допомогою якого створюється перевага гібридів над вихідними батьківськими формами. Використання гетерозису при створенні гібридних сортів є одним із найбільших досягнень селекції. Наразі одержано вагомі результати, що пояснюють причини даного явища та розроблено ефективні методи гетерозисної селекції [29].

Використання гібридів першого покоління дає можливість досягти високого рівня врожайності основних сільськогосподарських культур, підвищення якості продукції, стійкості, сприяє стабільності виробництва рослинницької продукції [26].

Практичні методи селекції на гетерозис нині базуються на таких найбільш поширених гіпотезах: домінування, наддомінування та теорія генетичного балансу [28].

Поняття „гетерозис”, як прояв „гібридної сили”, було введено в науку американським генетиком D. Shull в 1914 році [45]. Першу наукову публікацію про гібридну силу зробив И. Г. Кельрейтер у статті «Третье продолжение предварительного сообщения о некоторых опытах и наблюдениях, относящихся к полу растений» у 1765 році.

Чарлз Дарвин у роботі «Действие перекрестного опыления и самоопыления в растительном мире» зробив огляд вже накопиченого на той

час досвіду, а також повідомив і про свої спостереження. Він прийшов до загального принципового висновку про користь перехресного запилення і шкідливість самозапилення і про те, що в природі перевага надається перехресному запиленню. Чим більше віддалені батьківські форми, тим більший ефект гетерозису від схрещування [45, 46].

Згідно гіпотези, запропонованої F. Keeble, C. Pellew, гетерозис пояснюється взаємодією сприятливих домінантних генів [39].

Основа більш глибокого розуміння гетерозису була закладена D. H. Shull [45]. Shull дійшов висновку, що сорт є складною сумішшю гібридів, де кожна рослина обумовлена різним генотипом.

Багаточисельні припущення щодо причин виникнення цього явища такі ж старі, як і спостереження, що його описують. Деякі з таких ранніх припущень викладені ще в ранніх роботах C. Zirkhe, H. Hayes, D. Shull [41, 42, 45].

Навіть сучасна генетика ще не виробила єдиної теорії, яка могла б повністю пояснити всі встановлені при гетерозисі явища, тому поки що існує кілька теорій [7].

Автором початкового варіанту гіпотези домінування був C. Davenport. Пізніше вона була розвинута D. F. Jones та підтверджена експериментальними даними, одержаними відомими дослідниками з селекції гібридної кукурудзи R. D. Richey та G. R. Sprague [36, 37].

Теорія гетерозиготності або наддомінування висунута американським вченим E. East та H. Hayes у 1908 р. В основу теорії гетерозиготності або наддомінування покладено припущення, що гетерозиготність пари алелей Аа перевищує за потужністю або продуктивністю обидві батьківські гомозиготні пари Аа і аа. Припускається, що в цьому випадку два алеля в гетерозиготному стані виконують різні функції, які взаємодоповнюють одна одну [25].

Гіпотеза наддомінування одержала експериментальне підтвердження в

роботах (Стандлера, Штуббе, Шуллера і інших). А біологічну модель наддомінування описав S. Emesson [25, 32].

Теорія генетичного балансу – це спроба створення єдиної теорії гетерозисних явищ шляхом узагальнення різних гіпотез. Її розробив Н. В. Турбин [110] на основі уявлення про природу гетерозису.

Основна ідея теорії генетичного балансу – об'єднати всі можливі генетичні причини, включаючи біохімічні і фізіологічні системи і механізми організму.

Гетерозис – це сумарний ефект фенотипічно-спорідненої дії різнорідних генетичних процесів. Різні форми прояву гетерозису є наслідком прояву різних генетичних причин [28].

Гетерозис – явище, яке характеризується тим, що при схрещуванні різних видів, сортів і інбредних ліній гібриди першого покоління за рядом ознак і властивостей перевищують батьківські форми (Лобашов, 1969). Ці ознаки і властивості включають в себе збільшення життєздатності, продуктивності, стійкості до хвороб, шкідників, які часто спостерігаються у гібридів першого покоління Ф. Бриггс, П. Ноулз [28].

Вчені підрозділяють гетерозис на еугетерозис, який відзначається підвищеною життєздатністю гібридних організмів та на гетерозис надлишковий, який має підвищену життєздатність окремих його організмів [25, 28].

За літературними даними [92], вперше про гетерозис жита у гібридів першого покоління повідомив В. Штегліх у 1910 р. Пізніше більш детально описав це явище Фрувірт у 1913 р. Працюючи з чистими лініями, він спостерігав перевагу F_1 над батьківськими лініями.

У 1914 р. Румкер і Лейднер відмітили великий ефект урожайності гібридів першого покоління. Подібні роботи проведені Штреманом у 1923 р.

Явище гетерозису при перезапиленні сортів жита відмічено і іншими дослідниками [48]. Всі дослідження сходяться на тому, що міжсортове вільне

перезапилення жита надає корисний вплив на низку господарсько-цінних ознак (урожайність, життєздатність, зимостійкість та інші).

Використовувати ефект гетерозису при отриманні гібридного насіння жита стало можливе лише з відкриттям ЦЧС [24, 47], дозволяючи контролювати перезапилення схрещуваних компонентів. Проблема використання ефекту гетерозису в жита вивчена ще недостатньо. Мінливість гетерозисного ефекту пояснюється тим, що батьківські форми різняться не тільки за генотипом, але і за цитоплазмою.

Реципрокний ефект частіше спостерігається при вивченні потомств за морфологічними, біологічними і господарсько-цінними ознаками. З найбільшою достовірністю він проявляється за висотою рослин, стійкістю до вилягання, продуктивною кущистістю, числу продуктивних стебел на 1м^2 та за ефектом структури урожаю. Все це в кінцевому результаті призводить до різної урожайності зерна реципрокних гібридів. Підбір сортів для селекції на гетерозис у жита озимого повинен проводитися з урахуванням реципрокного ефекту, який, як правило, спостерігається при схрещуванні сортів неродинного походження [40].

Окрім вищезгаданих найбільш поширених гіпотез гетерозису, існують і інші гіпотези, зокрема біофізична, висунута В. Г. Шахбазовим та гормональна – І. В. Яшовським [31], які вбачають явище гетерозису не лише в поєднанні у генотипі рецесивних і домінантних алелей, а й насамперед, біофізичними та біохімічними процесами, пов’язаними з цим поєднанням.

Отже, сучасна наука ще не виробила повного та однозначного пояснення явища гетерозису. Незважаючи на це, людство вже давно і достатньо успішно використовує його як ефективний метод підвищення урожайності багатьох сільськогосподарських культур.

РОЗДІЛ 2.
ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ

2. 1. Біологічна характеристика жита озимого

Жито озиме — друга в Україні хлібна культура після пшениці, яка завдяки своїм біологоморфологічним особливостям дає стабільні врожаї, не істотно реагуючи на ґрунтову родючість. Зерно жита високопоживне. За енергетичною цінністю поступається лише сої, просу і кукурудзі, а за коефіцієнтом енергетичної — пшениці озимій. Зерно жита містить вітаміни групи РР, А, В, Е. Вміст білка сягає 14,6 %, а сирого протеїну — 11,6 % [31].

Білок жита вмістить лімітуючу амінокислоту лізин і тому має вищу цінність ніж білок пшениці [11].

Житній хліб висококалорійний, має високий вміст сухої речовини. Його споживання запобігає хворобам кишково-шлункового тракту і серця, збалансовує обмін речовин [11, 13].

Жито належить до роду *Secale* L,, родини *Poaceae,* тріби *Triceae.* Серед вчених немає єдиної думки про походження виду та філогенетичні зв'язки. В. Д. Кобилянським розгорнуто описав систематику культури [25]. У складі роду *Secaie* L. він виділяє сім видів у двох секціях: 1. *Sect. OPLISMENOLEPIS Nevski.*, 2. *Sect. SECALE.*

Найдавнішим вважається гірське і дике жито. *Secale cereale* L. – наймолодший поліморфний вид, який об'єднує диплоїдні та тетраплоїдні форми з неламким колосом однорічного, багаторічного і сміттє-польового жита. Каріотип диплоїдного жита – 14 хромосом.

Жито – невибаглива культура. Може проростати за температурі 0–2 °С і витримувати морози до – 32 °С. У безсніжні зими воно витримує морози до – 25 °С. Рослини утворюють виповнене зерно за знижених температур.

Активні сходи з’являються за температури 6–12 °С. Жито озиме малостійке до випрівання і вимокання. Навесні жито відростає раніше, аніж пшениця, і швидше достигає на 7–10 діб. Вегетаційний період залежно від регіону триває 270–350 діб. Кущення найкраще відбувається за температури 10–12 °С, припиняється – за 4–5 °С. Оптимальною температурою вегетації є 18–20 °С. Високі температури погіршується запилення квіток та запліднення і тому спостерігається черезззерниця та формування недорозвиненого зерна. Сума ефективних температур. Період від початку весняної вегетрації до достигання потерезує суми ефективних температур 1200–1500 °С, а від проростання зерна до повної стиглості – 1800 °С.

Жито має добре галуджену кореневу систему з відмінними всмоктувальними властивостями. Культура витримує кислотність ґрунту 5,5 і незначну засоленість, позитивно реагує на внесення добрив, особливо фосфорних і калійних. Один цент зерна з грунту виносить 1,2–1,5 кг форфору, 2,5 кг калію і 3 кг азоту. Воно є гарним попередником в сівозміні для вирощування інших сільськогосподарських культур.

Рослини жита схильні до осипання та, високорослі сорти, до вилягання.

Жито озиме – перехреснозапильна рослина із суворою системою самонесумісності. Запилення відбувається вітром за відносно тихої погоди. Самофертильність жита в популяції складає 0–6 % [25].

Нині перед селекціонерами стоїть питання підвищення продуктивності культури за переходу до гетерозисної селекції, що передбачає отримання і відбір вихідних компонентів гібридизації та, за їх використання, створення гетерозисних гібридів на основі цитоплазматичної чоловічої стерильності (ЦЧС).

2. 2. Особливості вихідного матеріалу

Вихідним матеріалом для проведення досліджень використовували сорти, гібриди і лінії жита озимого з рецесивним контролем довжини стебла, донори самофертильності та ЦЧС Пампа-типу.

В якості донорів самофертильності використано самофертильні лінії (СФ-2, СФ-6) Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва та німецькі гібриди (Avanti, Farino). Для створення ліній використано сорти: Kustro, Motto, Харківське 98, Danko, Веселоподолянське, Суміш крупнозерних форм, Верхняцьке 94, що мали різну концентрацію алелев самофертильності.

РОЗДІЛ 3.
УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3. 1. Агрокліматичні умови проведення досліджень

Дослідження з теми кваліфікаційної роботи виконували впродовж 2023–2025 рр. на ділянках кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології Уманського НУС. Територія університету розміщена в зоні Центрального Правобережного Лісостепу України в м. Умань Черкаської області.

Основними ґрунтами регіону є чорноземи опідзолені важкосуглинкові, що займають біля 74 % земельної площі. Потужність гумусного горизонту – до 45 сантиметрів з вмістом гумусу (за методом Тюріна) 3,0–3,4 %, вміст рухомих форм фосфору і калію (за методом Чирікова) відповідно 125−150 та 70–100 мг/кг ґрунту, легко гідролізованого азоту (за методом Тюріна-Кононової) – 100–120 мг/кг ґрунту [5].

Кліматичні умови зони характеризуються помірною континентальністю і за основними елементами відповідають зоні нестійкого зволоження (табл. 1, 2). За даними Уманської метеостанції середня багаторічна кількість опадів складає 586 мм, середньодобова температура повітря (середньобагаторічний показник) – 8,8 ºС.

Таблиця 1

Кількість опадів за період проведення досліджень (за даними метеостанції Умань), мм

Сільськогосподарський рік	Всього за с.-г. рік	Місяці											
		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Середньобагаторічна	586	43	43	40	38	34	36	41	52	81	68	49	61
2023–2024	487,2	33,5	62,3	55	29,8	14,9	89,5	56,2	41,8	56,5	17,9	17,7	12,1
2024–2025	565,2	99,4	45,1	61,0	12,4	7,8	12,5	26,9	101,8	11,2	112,3	23,0	51,8

Таблиця 2

Середня температура повітря за період проведення досліджень (за даними метеостанції Умань), °С

Сільсько-господарський рік	Всього за с.-г. рік	Місяці											
		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Середньо-багаторічна	8,8	8,3	2,8	-1,8	-3,4	-2,3	2,5	9,7	15,4	19	20,9	20,1	14,5
2023–2024	11,8	11,7	4,6	1,2	-1,6	4,2	4,5	13	15,3	21,2	24,3	23,1	19,7
2024–2025	10,0	10,8	2,6	0,4	2,1	-3,9	6,7	10,3	13,1	19,3	22,4	19,7	16,2

3. 2. Схема досліду

Для отримання лінійного матеріалу жита озимого використовували самозапилення рослин під пергаментними ізоляторами. Кожен зразок висівали на ділянці в рядки довжиною 1м. Для отримання самофертильних форм застосовували насичуючі схрещування.

За визначення комбінаційної здатності матеріалів використовували систему діалельних схрещувань.

3. 3. Методи досліджень

Програмою досліджень було передбачено створення вихідного матеріалу для гетерозисної селекції жита озимого на лінійній основі за використання донорів самофертильності та ЦЧС з комплексом господарських ознак і якостей.

Методами досліджень були: гібридизація, самозапилення насичуючі, топкросні та полікросні схрещування.

Для створення генетичної системи (стерильна форма – закріплювач стерильності – відновлювач фертильності), проводили схрещування

стерильних рослин з фертильними, які оцінювали за реакцією на ЦЧС.

Для проведення досліджень відбирали стерильні рослини, гомозиготні за рецисивними генами стерильності, оскільки їх використання прискорює отримання ліній закріплювачів стерильності і відновлювачів фертильності.

Гібридизацію проводили на просторово-ізольованих ділянках, де материнську форму висівали в оточенні батьківської форми. До квітування проводили негативну браковку материнських рослин за стерильністю і габітусом батьківських рослин, неуражених хворобами і шкідниками.

Виділяли повністю стерильні рослини (пиляки не дають пилку) від напівстерильних лише в період квітування за контролю пиляків колосу. Тому спосіб ізоляції колосів стерильних рослин, підготовлених до гібридизації, передбачав можливість такого контролю. Для цього використовували прозорі плівчасті ізолятори, які дозволяють під час квітування колоса спостерігати всі пиляки і виявляти ступінь їх стерильності. Для отримання закріплювачів стерильності і відновлювачів фертильності вивчали реакцію на ЦЧС різних біотипів сортових популяцій. У зв’язку з цим виникала необхідність збирати пилок з окремої фертильної рослини і запилювати ним кожну стерильну рослину. Одночасно проводили самозапилення фертильної лінії, при цьому від самофертильних біотипів отримували насіння.

Самозапилення фертильних рослин проводили під пергаментними ізоляторами.

Для нанесення пилку на стерильну рослину плівчастий ізолятор надрізали з верхнього боку, куди висипали пилок взятий з фертильної рослини.

У першому поколінні від цих схрещувань проводили аналіз і диференціацію ліній, що закріпили стерильність або відновили фертильність.

Агротехніка на всіх ділянках була загальноприйнятою для зони вирощування. Впродовж вегетаційного періоду проводилися необхідні фенологічні спостереження згідно «Методики державного

сортовипробування сільськогосподарських культур».

Статистичний аналіз проводили методами кореляційного, дисперсійного та регресійного аналізу за рекомендацій Єщенко В. О. та ін. , Ушкаренка В. О. та ін. [14, 27].

РОЗДІЛ 4

СТВОРЕННЯ ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ГЕТЕРОЗИСНОЇ СЕЛЕКЦІЇ ЖИТА ОЗИМОГО

4. 1. Створення самофертильних ліній жита озимого – кандидатів у закріплювачі стерильності

Жито озиме – перехреснозапильна рослина, у якої квітка побудована так, що стовпчик з приймочкою маточки і тичинки з пиляками, тобто материнські і батьківські статеві органи, розміщені в одній квітці. Проте, якщо перед цвітінням жита, колос ізолювати, перегородивши доступ стороннього пилку, то запліднення відбувається погано, або ж не відбувається зовсім.

Незважаючи на те, що в квітці є пилок свого колоса, пиляки і приймочка розвиваються одночасно, запліднення все ж відбувається ненормально і насіння утворюється в дуже незначній кількості. Причиною цьому є те, що приймочка не сприймає власного пилку, тобто перехреснозапильна рослина для запліднення потребує пилку іншої рослини. Власний пилок для запліднення призводить до погіршення життєздатності організму і його виродження. Створення самофертильних ліній – закріплювачів стерильності у жита затрудняється через самонесумісність при самозапиленні рослин, а також через труднощі у поєднанні в одному генотипі генів самофертильності і закріплення стерильності.

З метою блокування генів самонесумісності в популяції сортів вводили донори самофертильності (табл. 3).

В якості донорів самофертильності використано самофертильні лінії (СФ-2, СФ-6) Інституту рослинництва та німецькі гібриди (Avanti, Farino). Для створення ліній використано сорти: Kustro, Motto, Харківське 98, Danko,

Веселоподолянське, Суміш крупнозерних форм, Верхняцьке 94, які мали різну концентрацію алелей самофертильності.

Таблиця 3

Результати схрещування сортових популяцій з джерелами самофертильності, 2022 р.

♀ форма	Походження	♂ форма	Кастровано квіток	Одержано зерен	% утворення гібридного насіння
1	2	3	4	5	6
Kustro	Німеччина	СФ-2	240	46	19,2
Kustro	Німеччина	СФ-6	200	38	19,0
Kustro	Німеччина	Avanti	380	191	50,3
Kustro	Німеччина	Farino	320	128	40,0
Motto	Польша	СФ-2	50	6	12,0
Motto	Польша	СФ-6	260	41	15,8
Motto	Польша	Avanti	580	160	27,6
Motto	Польша	Farino	1600	273	17,1
Danko	Польша	СФ-2	200	13	6,5
Danko	Польша	СФ-6	120	20	16,7
Danko	Польша	Avanti	350	157	44,8
Суміш кр. ф.	НДСС	Farino	440	172	39,0
Суміш кр. ф.	НДСС	Avanti	570	169	29,6
Х-98	Харків	СФ-2	80	28	35
Х-98	Харків	СФ-6	100	14	14
Х-98	Харків	Avanti	620	149	24
Х-98	Харків	Farino	240	85	35,4
Весел. под.	ВПДСС	СФ-2	760	0	0
Весел. под.	ВПДСС	СФ-6	280	46	16,4
Весел. под.	ВПДСС	Avanti	40	17	42,5

Весел. под.	ВПДСС	Farino	40	18	45,0
LPN-36	Німеччина	СФ-2	40	0	0
LPN-36	Німеччина	СФ-6	120	13	10,8
LPN-36	Німеччина	Avanti	80	1	1,3
LPN-36	Німеччина	Farino	40	0	0
B-32	ВДСС	СФ-6	80	2	2,5
B-32	ВДСС	Avanti	780	209	26,8
B-32	ВДСС	Farino	120	62	51,7
Всього			8730	2058	22,8

В результаті гібридизації було отримано 2058 зерен, що складає 22,8 відсотків від числа запилених квіток.

Перехресною несумісністю за неконтрольованих чинників характеризувалися комбінації схрещування Веселоподолянське крупнозерне / СФ-2 та LPN-36 / СФ-2, у яких не одержано гібридного насіння. Найбільше гібридного насіння одержано у комбінаціях B-32 / Farino (51,7%), Веселоподолянське крупнозерне / Farino (45,0%), а також Danko / Avanti (44,8%).

Отримання гомозиготних ліній шляхом самозапилення – потребує багато витрат праці і часу. Через самонесумісність випадає багато потомств, тому схемою інбридингу передбачалоля чергування самозапилення з періодичним перезапиленням сибсів. Використання такої методики дає можливістю проводити спрямовану селекцію ліній за різними ознаками, а також дозволяє значно зменшити об’єм ізоляції рослин.

Гібридне насіння деяких комбінацій, одержаних у результаті схрещування сортів жита озимого з донорами або джерелами самофертильності, висівали в селекційному розсаднику, а вирощені рослини примусово самозапилювали впродовж чотирьох поколінь.

На ізольованих для самозапилення рослин, як правило, утворювалася

незначна кількість насіння, що свідчить про те, що жито озиме дуже погано реагує на інбридинг (табл. 4).

Таблиця 4

Результати самозапилення рослин жита озимого, різних поколінь інбридингу, 2023–2025 рр.

Покоління інбридингу	Кількість висіяних ліній, шт.	Кількість ізольованих рослин, шт.	Рослини, що утворили насіння	
			шт.	%
I_1	30	150	75	50,0
I_2	23	115	78	67,8
I_3	18	90	70	77,8
I_4	12	85	57	67,1

Аналіз частоти утворення насіння від примусового самозапилення рослин жита озимого різних поколінь інбридингу засвідчив, що кількість рослин у яких утворилося насіння, коливалися у різні роки від 50–78%, а кількість ліній які утворили насіння, після кожного інбридингу зменшувалася, тобто більшість ліній не успадкували ген самофертильності.

Результати чотириразового інбридингу гібридних комбінацій, наведені в таблиці 5. Найбільшу ступінь утворення насіння виявили інбредні лінії, які одержані за участю донора самофертильності СФ-6. У чотирьох комбінаціях схрещування Danko / СФ-6, В-32 / СФ-6, Весел. круп. / СФ-6, LPN-36 / СФ-6 I_4, утворилося більше 150 зерен.

Найбільше насіння утворила інбредна лінія 3 комбінації схрещування LPN-36 / СФ-6, в якої більше 150 зерен складали чотири рослини (66%). Вказана лінія передана для реєстрації до Національного центру генетичних ресурсів рослин України як самофертильний закріплювач стерильності.

Таблиця 5

Результати інбридингу гібридного матеріалу, (F_1I_4)

№ сам оф. лінії	Комбінація схрещування	К-сть ізольованих рослин	К-сть рослин, що зав'язали насіння		Кількість сформованих насінин									
					11–50		51–100		101–150		151–200		201–500	
			шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт	%
20	Kustro × Farino	5	3	60,0	1	33,0	1	33,0	1	33,0	–	–	–	–
6	Danko × СФ-6	3	2	67,0	–	–	–	–	1	50,0	–	–	1	50,0
23	Х–98 × Farino	5	4	80,0	2	50,0	1	25,0	1	25,0	–	–	–	–
13	В-32 × СФ-6	5	3	60,0	1	33,0	–	–	1	33,0	1	33,0	–	–
4	Сум. кр.ф. × Avanti	5	4	80,0	2	50,0	1	25,0	1	25,0	–	–	–	–
8	Gamet × Farino	4	3	75,0	1	33,0	2	67,0	–	–	–	–	–	–
21	Весел. круп. × СФ-6	6	6	100,0	2	33,0	1	16,0	2	33,0	–	–	1	16,0
3	LPN-36 × СФ-6	6	6	100,0	–	–	2	33,0	–	–	2	33,3	2	33,3
5	LPN-36 × Avanti	6	2	33,3	1	50,0	1	50,0	–	–	–	–	–	–
1	Danko × Farino	3	1	33,3	1	100,0	–	–	–	–	–	–	–	–

На основі експериментальних досліджень доведена можливість створення самофертильних ліній жита озимого на основі передачі гена Sf від донорів самофертильності досліджуваним сортам і популяціям жита озимого. Виділено 12 самофертильних ліній, які введено в аналізуючі і насичуючі схрещування зі стерильними рослинами з метою отримання самофертильних закріплювачів стерильності і створення на їх основі ЧС аналогів жита озимого.

4. 2. Створення чоловічо-стерильних аналогів жита озимого

Основою для створення стерильного аналогу для гетерозисної селекції є генетично обумовлені цитоплазматична чоловіча стерильність (ЦЧС) та самофертильність. У наших дослідах основним джерелом ЦЧС використана цитоплазма аргентинського жита Пампа (Р). У переважній більшості ЦЧС у диплоїдного жита озимого так, як і в інших культурах, цитоплазма контролюється одним геном (rfrf) у гомозиготному стані, а фертильність – гетерозиготним (RFrf) або гомозиготним (RFRF) його станом по домінантному алелю:

N RFRF чоловіча фертильність, обумовлена „фертильною”
N RFrf (нормальною) цитоплазмою.
S RfRf чоловіча фертильність обумовлена тим, що дія стерильної цитоплазми пригнічується домінантними алелями гена – відновлювача фертильності.
S rfrf чоловіча стерильність
N rfrf закріплювачі стерильності.

Роботу по створенню самозапильних закріплювачів стерильності і їх стерильних аналогів проводили за матрицею схрещувань (табл. 6).

Таблиця 6

Матриця схрещувань для отримання ЧС ліній і закріплювачів стерильності

Роки насичуючих схрещувань	Формула схрещування	Самозапилення вихідної форми	Заміщення генотипу ЧС ліній закріплювачів стерильності
Перший	S / Ф 1	Ф1	50,0
Другий	(S / Ф) / $Ф1_1$	$Ф1_1$	75,0
Третій	[(S / Ф / Ф 1_1)] / $Ф1_2$	$Ф1_2$	87,5
Четвертий	{[(S / Ф) / Ф 1_1] / $Ф1_3$}	$Ф1_3$	93,7
Розмноження	A_c / N_c	ЗС	–

Стерильні рослини різних джерел стерильності запилювали пилком однієї фертильної лінії. Такі схрещування використовували від потомств другого, третього і четвертого насичуючих схрещувань (НС), різних самозапильних ліній. У таблиці 7 подано комбінації схрещування ліній четвертого насичуючого покоління з джерелами стерильності.

При виділенні закріплювачів стерильності з генотипом N rfrf у 12 нащадків від схрещування фертильних рослин із стерильними спостерігали різний відсоток стерильних рослин. Він коливався в межах 38,9–100%.

Таблиця 7

Закріплююча здатність ліній четвертого насичуючого схрещування ($НС_4$), 2023–2025 рр.

Лінії ЗС	Число комбінацій схрещування	Всього рослин, шт.	З них, шт.		Середній % стерильності	Критетій $\chi^2_ф$
			фертильних	стерильних		
1	9	95	58	37	38,9	37,2
2	10	103	34	69	66,9	11,2
3	21	280	39	241	86,1	1,96
4	7	54	23	31	57,4	9,8
5	7	104	47	57	54,8	21,2
6	2	32	–	32	100	0,0
7	16	212	60	152	71,7	7,84
8	6	72	22	50	69,4	9,0
21	2	37	6	31	83,8	2,56
23	3	28	8	20	71,4	7,84
13	2	29	–	29	100	0,0
20	3	68	26	42	61,8	9,9

Примітка: * $\chi^2_т = 3,84$

Закріплювачами стерильності визнано лінії під умовними зразками 3, 6, 21 і 13. У цих ліній визначено, що $\chi^2_ф < \chi^2_т$ – відповідно 1,96; 0,0; 2,56 та 0,0. Ці значення були меншими $\chi^2_т = 3,84$. Це означає, що нульова гіпотеза H_0 про те, що вони є закріплювачами стерильності, не відкидається, а навпаки, підтвержується. Серед 12 ліній – кандидатів у закріплювачі стерильності, третина (33,3%) виявилася з генотипом N rfrf.

Можливість комплементарної взаємодії генів стерильності-фертильності, показує, що один і той же запилювач при схрещуванні з одними і тими стерильними формами забезпечує високий або повний відсоток закріплення стерильності. І, навпаки, мають низький рівень відновлення фертильності.

При створенні закріплювачів стерильності для різних стерильних форм жита необхідно приділяти увагу не лише добору запилювачів, але і ретельно підбирати стерильні материнські рослини, оскільки виникає необхідність добору відповідних запилювачів до конкретних стерильних форм.

Стерильні форми, які схрещували впродовж чотирьох насичуючих поколінь із родинними, закріплювачами, є ЧС лініями або ЧС аналогами цих закріплювачів стерильності. Їх генотип після $НС_4$ на 93,7% заміщений генотипом закріплювача стерильності, що в практичній селекції їх вважають аналогами ЗС. Материнські форми, компоненти ЧС гібридів жита озимого, в подальшому потребують оцінки і добору за комбінаційною здатністю.

Кандидати в ЗС, $\chi^2_ф$ у яких є дещо більшою за $\chi^2_т$, мають алелі закріплення стерильності у різній концентрації, тому повні закріплювачі стерильності можуть бути відібрані із форм часткових закріплювачів стерильності. Лінії 4, 7, 8, 20 із середньою або високою закріплюючою здатністю (57,4–71,7%) забезпечують можливість більш швидкого виділення повних закріплювачів стерильності, ніж з ліній із низькою закріплюючою здатністю (табл. 8).

Таблиця 8

Диференціація генотипів за закріплюючою здатністю із потомства кандидатів у закріплювачі стерильності (ЗС)

№ ЗС лінії	Середній % закріплення стерильності	Комбінація схрещування	Частка зразків, що закріпили стерильність на											
			100 %		90 %		80 %		50–80 %		20–50 %		0–20 %	
			шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт	%
1	38,9	9	1	11,1	–	–	–	–	1	11,1	6	66,7	1	11,1
2	66,9	10	–	–	1	10,0	1	10,0	4	40,0	4	40,0	–	–
3	86,1	21	9	42,9	–	–	4	19,0	6	28,6	2	9,5	–	–
4	57,4	7	3	42,9	–	–	–	–	–	–	3	42,9	–	–
5	54,8	7	1	14,3	–	–	–	–	4	57,1	2	28,6	–	–
6	100,0	2	2	100,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7	71,7	16	8	50,0	1	6,25	2	12,5	3	18,75	1	6,25	1	6,25
8	69,4	6	2	33,3	–	–	–	–	3	50,0	–	–	1	16,7
21	83,8	2	1	50,0	–	–	–	–	1	50,0	–	–	–	–
23	71,4	3	–	–	–	–	1	33,3	2	66,7	–	–	–	–
13	100,0	2	2	100,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
17	100,0	1	1	100,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20	61,6	3	1	33,3	–	–	–	–	1	33,3	–	–	1	33,3

Комбінації схрещування з лінією-кандидатом в ЗС під умовними зразком 4 три потомства (42,9%) мали стовідсоткову закріплюючу здатність, а із 16 потомств, лінії зразка 7, половину потомства повністю закріплювала стерильність. До таких повних закріплювачів стерильності можна віднести третину потомств ліній-кандидатів ЗС зразків 8 і 20. Навіть із комбінацій схрещування зразка 1, у яких середній відсоток закріплення був найнижчим (38,9%), виділили одне потомство, яке закріплювало стерильність на 100%.

В результаті проведених досліджень створено закріплювачі стерильності, які пройшли протягом чотирьох поколінь перевірку на закріплюючу здатність з чоловічо-стерильними лініями (табл. 9).

Відсоток стерильності за роками дослідень виявився різним, що свідчить про вплив добору стерильних рослин, а також про модифікацію цієї ознаки умовами навколишнього середовища.

Таблиця 9

Закріплююча здатність кращих потомств різних насичуючих поколінь, 2023–2025 рр.

ЧС аналоги	Кількість стерильних рослин у поколіннях від насичуючих схрещувань, %			
	$НС_1$	$НС_2$	$НС_3$	$НС_4$
ЧС 13-2	20,0	70,8	69,2	70,0
ЧС 17-2	50,0	94,1	70,4	83,3
ЧС 16-2	–	–	70,6	73,3
ЧС 20-2	–	–	93,3	76,9
ЧС 13-3	20,0	77,6	100	100
ЧС 16-3	–	–	88,8	100
ЧС 18-3	100	22,2	90,0	94,4
ЧС 21-3	40,0	53,8	86,3	88,8
ЧС 24-3	100	100	94,7	87,5
ЧС 4В-3	66,6	84,6	75,0	77,6
ЧС 13-4	66,6	64,2	100	64,7
ЧС 17-4	75,0	69,6	69,8	50,0
ЧС 24-4	28,6	18,2	100	100
ЧС 14-4	66,6	66,6	92,3	64,7
ЧС 2-4	86,1	51,0	80,0	100
ЧС 16-5	–	–	80,9	80,0
ЧС 17-6	50,0	100	83,3	100
ЧС 14-6	25,0	71,4	100	100
ЧС 17-7	66,6	–	100	100
ЧС 16-7	–	–	100	100
ЧС 20-7	–	–	71,4	80,0
ЧС 21-7	100	–	84,7	91,5
ЧС 13-8	70,0	56,6	67,8	82,1
$\overline{X}$	60,7	66,7	85,6	85,4

Найбільшу кількість стерильних рослин в ЧС аналогах спостерігали у третьому та четвертому насичуючому схрещуванні. Індивідуальний добір рослин за закріплюючою здатністю в наступних схрещуваннях покращує стерильність чоловічо-стерильних аналогів у насичуючих поколіннях $НС_1$–$НС_4$ ЧС 13-3, ЧС 21-3, ЧС 14-6.

Проте в комбінаціях ЧС 17-4, ЧС 13-4, ЧС 14-4 спостерігали зниження відсотку стерильності. Це пояснюється тим, що при насичуючих схрещуваннях в даних комбінаціях були використані напівсибси.

Отже, на основі методу χ^2 виділено чотири самофертильні ЗС жита озимого з високою закріплюючою здатністю (83,8–100%), за участю яких створено ЧС аналоги. Доведена можливість одержання повних закріплювачів стерильності із потомства часткових закріплювачів стерильності на основі індивідуального добору стерильних рослин упродовж чотирьох насичуючих поколінь.

РОЗДІЛ 5
ОХОРОНА ПРАЦІ І НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Моделювання виробничих небезпек у селекційному процесі

Охорона праці – комплекс законодавчих актів, організаційно-технічних, соціально-економічних, профілактичних і санітарно-гігієнічних заходів спрямованих на забезпечення для людини безпечних умов праці [5].

Трудове законодавство базується на законодавчих актах, зокрема, Кодексом закону про працю. Конституції України, Законом України «Про охорону праці» тощо

За вирощування сільськогосподарських культур нині застосовують інтенсивні технології, що забезпечують багатопланові технологічні процеси при використанні різноманітної техніки. Це потребує тотального забезпечення вимог безпеки праці при виконаннімвсіх технологічних процесів.

Перед початком окремої операцій з вирощування жита озимого, працівникам необхідно проаналізувати можливі небезпеки, що можуть мати місце за виробничого процесу і провести необхідні організаційні заходи які попередять їх виникнення.

Умови, за яких може виникнути ймовірність впливу на працівника небезпечного чиника, можна ідентифікувати як небезпечні умови (НУ), а дії людини, які не відповідають кваліфікаційним нормам поведінки, – можна визначити небезпечними діями (НД).

Здійснюючи такі вчинки (НД), спеціаліст керується обставинах такими як мета, час, причина, місце і спосіб дії. Випадкове поєднання у визначений момент часу небезпечних умов та обставин створює ймовірність отримання

випадкової події –небезпечної ситуації (НС). Після якої з високим рівнем визначеності виникають аварії (А) і травми (Т).

Небезпечні умови (НУ) – визначаються умовами загрози дії виробничих небезпечних чинників на організм людини.

Небезпечна дія (НД) – це подія, з ймовірністю дії на людський організм виробничого небезпечного чинника.

Аварія (А) – процес відмови роботи обладнання, що створює небезпеку для життя чи здоров'я людей або забруднюючої дії навколишнього середовища.

Травма (Т) – ушкодження організму людини небезпечним чинником, а сукупність травм, що виникають на виробництві, ідентифікується травматизмом [3].

Цей процес можна подати наступною схемою:

НУ --- > НС --- > А / Т;

НД --- > НС --- > А / Т;

Н У --- > НД --- > НС--- > А / Т.

За сукупності кількох небезпечних умов ($НУ_1$, $НУ_2$, $НУ_3$…) та дій ($НД_1$, $НД_2$, $НД_3$ …) може виникнути небезпечна ситуація (НС):

$$НС = НУ_1 + НУ_2 + НУ_3 + НД_1 + НД_2 + НД_3$$

Приклад небезпечної ситуаціїза посіву жита:

небезпечна умова (НУ) – висока температура повітря;

небезпечна дія (НД) – посів на сівалці;

небезпечна ситуація (НС) – робота з хімічними речовинами при обробці насіння;

отруєння (О) – отруєння випарами шкідливих препаратів.

Схема наведеного випадку:

Н У --- > Н Д --- > Н С--- > О

Висновки: за створення безпечних умов для працівників необхідно:

- проводити інструктажі з техніки безпеки;
- для задіяних в технологічному процесі на полі облаштовувати спеціальні місця для періодичного відпочинку;
- контролювати забезпечення працюючих засобами індивідуального захисту і спецодягом;
- забезпечувати раз на рік проходження медогляду;
- дотримання санітарно-гігієнічних норм праці;
- контролювати дотримання положень з техніки безпеки та охорони праці.

5.2 Охорона навколишнього середавища за агроекологічних підходів вирощування сільськогосподарських культур

Політика України спрямована на екологізацію сільськогосподарського виробництва, отримання чистих продуктів харчування та збереження довкілля. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» вимагає забезпечення умов збереження природного середовища для майбутнього покоління [5].

Нині за інтенсивної технології вирощування культур створюються умови для розвитку агроекології об’єктом вивчення якої є агросфера планети, а предметом – взаємозв’язки людини з довкіллям у процесі сільськогосподарського виробництва, що вивчає вплив сільського господарства на природні комплекси, взаємозв’язки між компонентами агросистем і специфіки колообігу в них речовин, енергії та інформації під впливом техногенних навантажень. Головно метою агроекології є

забезпечення сталого виробництва якісної біологічної продукції, збереження і відтворення природно-ресурсної бази аграрного сектора, ефективна екологізація всіх галузей сільськогосподарського виробництва.

Величезна кількість речовин, які пропонує сучасна хімія сільському господарству (мінеральні добрива, пестициди, антибіотики, гормони, стимулятори та інгібітори розвитку, кормові дріжджі тощо) урешті-решт потрапляють в організм людини й загрожують не лише нам, а й нашим нащадкам. До того ж комахи та інші шкідники сільського господарства швидко адаптуються до хімічних засобів боротьби з ними, з'являються різновиди шкідників, на які препарати не діють, тому доводиться збільшувати її дозу або застосувати нові, ще отруйніші засоби. Розуміючи, що подальше нарощування хімізації й так уже перехімізованого сільськогосподарського виробництва завело в глухий кут, окремі аграрні організації, фермери як на Заході, так і в нас стають на шлях альтернативного сільського господарства. Воно дасть змогу вирішити наступні завдання:

• "екологізація" й "біологізація" сучасного землеробства, яке має стати нешкідливим для природного середовища й забезпечувати споживача чистими продуктами харчування;

• розвитку землеробства на основі максимальної утилізації всіх відходів, що утворюються в господарстві;

• підвищення рентабельності господарства, забезпечення його виживання.

Сутність альтернативного землеробства полягає в цілковитій або частковій відмові від синтетичних мінеральних добрив, пестицидів, регуляторів росту й харчових добавок. Комплекс агротехнічних прийомів базується на строгому дотриманні сівозмін, уведенні в них бобових культур для збагачення ґрунту азотом, застосуванні гною, компостів і сидератів, проведенні механічних культивізацій і захисті рослин біологічними методами. При цьому ґрунт розглядається майже як живий організм зі складними фізикохімічними й біологічними процесами. Підвищення ж

врожайності необхідно домогтися за створення і вирощування нових високопродуктивних сортів та гібридів з високим рівнем гомеостазу, стійких до низки абіотичних та біотичних чинників.

Основними завданнями сільськогосподарського виродництва в XXI столітті є:

• одержання максимального врожаю за найменшого впливу на довкілля;

• забезпечення населення екологічно чистими продуктами харчування;

• створення агроекосистем, співжиття в агроекосистемах і чинники стабілізації в агроекосистемах;

• меліорація земель;

• інтенсифікація сільського господарства.

ВИСНОВКИ

1. На основі експериментальних даних доведена можливість створення самофертильних ліній жита озимого на основі передачі гена Sf від донорів самофертильності досліджуваним сортам і популяціям жита озимого. Найбільшу ступінь утворення насіння мали інбредні лінії одержані з гібридних комбінацій з донором самофертильності СФ-6.

2. Найбільше насіння утворювала інбредна лінія 3 LPN-36 х СФ-6, в якої більше 150 зерен складали чотири рослини 66%.

3. Виділено 12 самофертильних ліній, які введено в аналізуючі і насичуючі схрещування зі стерильними рослинами з метою отримання самофертильних закріплювачів стерильності і створення на їх основі ЧС аналогів жита озимого.

4. На основі методу χ^2 виділено чотири самофертильних закріплювачі стерильності жита озимого з високою закріплюючою здатністю (83,8–100%).

5. Доведена можливість одержання повних закріплювачів стерильності із потомств з частковим закріпленням стерильності, шляхом доборів. Виділені лінії 4, 7, 8, 20 із середньою або високою закріплюючою здатністю (57,4–71,7%), які забезпечують можливість більш швидкого виділення повних закріплювачів стерильності, ніж з ліній із низькою закріплюючою здатністю.

6. На основі чотирьох поколінь насичуючих схрещувань виділено 23 ЧС аналога з заміщенням генотипу закріплювачів стерильності на рівні 90%. За використанням доборів стерильність материнського компоненту в $НС_3$ підвищилася порівняно з $НС_2$ на 18,9% і стабілізувалася у $НС_4$ (85,4%).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабич А. О. Світові земельні, продовольчі і кормові ресурси. Київ : *Аграрна наука*, 1996. 570 с.
2. Власюк М. В. Вплив інбридингу на морфологічні і господарські ознаки інбредних ліній цукрових буряків. *Збірник наукових праць Інституту цукрових буряків*. Київ : ІЦБ, 2003. Вип. 5. С. 45–50.
3. Власюк М. В. Генетичні особливості запилювачів та їх вплив на формування гетерозису у гібридів цукрових буряків : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с. -г. наук : спец. 06. 01. 05 «Селекція рослин». Київ, 2006. 20 с.
4. Дерев'янко В. П., Адамчук Г. К., Плехтяк В. М. Генетичні аспекти створення вихідного матеріалу для гетерозисної селекції озимого жита. *Селекція і насінництво*. Київ : Урожай, 1993. Вип. 74. С. 54–58.
5. Екологічні основи збалансованого природокористування у агросфері : навчальний посібник / за ред. С. П. Сонька та Н. В. Максименко. Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2015. 568 с.
6. Єгоров Д. К. Задорожная, О. А., Жмурко В. В. Вплив різних режимів зберігання на проростання насіння жита і вміст АБК. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. *Селекція і насінництво*. 2020. Вип. 117. С. 68–79.
7. Єгоров Д. К. Інноваційні низько витратні технології збільшення урожайності насіння гібридів жита озимого на ділянках гібридизації. *Селекція і насінництво*. 2012. Вип. 102. С. 129–134.
8. Єгоров Д. К. Особливості гетерозисної селекції озимого жита. *Селекція і насінництво* : міжвідомчий тематичний науковий збірник. Харків, 2004. Вип. 88. С. 5.
9. Єгоров Д. К. Особливості формування і мінливість кількісних ознак у гібридів жита озимого. *Вісник центру наукового забезпечення АПВ.* Харківської обл. 2012. Вип. 12. С. 78–84.

10. Єгоров Д. К. Рентабельність інноваційних технологій в насінництві гібридів жита озимого на ділянках гібридизації. *Вісник центру наукового забезпечення АПВ.* Харківської обл. 2012. Вип. 13. С. 99–105.
11. Єгоров Д. К., Змієвська О. А. Жито озиме як круп'яна культура. *Аграрний тиждень*. Україна. Київ, 2018. № 6. С. 50–51
12. Єгоров Д. К., Змієвська О. А. Становлення та розвиток селекції жита озимого у Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. *Селекція і насінництво*. 2018. Вип. 113. С. 235–238.
13. Єгоров Д. К., Циганко В. А., Дем'яненко С. Б. Жито озиме як поновлюване джерело енергії. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. *Селекція і насінництво*. 2020. Вип. 117. С. 164–178.
14. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник. За ред. В. О. Єщенка. Вінниця: ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.
15. Змієвська О. А., Єгоров Д. К Оцінка відновників фертильності жита озимого за комплексом цінних ознак. *Генетичні ресурси рослин.* Харків, 2014. Вип. 15. С. 33–40.
16. Змієвська О. А., Єгоров Д. К Прояв гетерозису у нових простих експериментальних гібридів (F_1) жита озимого. *Селекція і насінництво*. 2015. Вип. 107. С. 52–58.
17. Змієвська О. А., Єгоров Д. К. Оцінка пилкоутворюючої та комбінаційної здатностей ліній – відновників фертильності жита озимого. *Вісник центру наукового забезпечення АПВ*. Харківської обл. 2014. Вип. 16. С. 68–74.
18. Корнєєва М. О., Вакуленко П. І. Добір комбінаційно-здатних материнських компонентів за врожайністю. *Цукрові буряки*. 2006. № 3 (51). С. 7–8.
19. Корнєєва М. О., Власюк М. В. Системи контрольованих схрещувань при оцінці комбінаційної здатності селекційних матеріалів цукрових буряків. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. Київ : Аграрна наука,

2004. С. 227–238.

20. Корнєєва М. О., Мазур З. О. Генетична детермінація гетерозису у чоловічостерильних гібридів озимого жита. *Селекція і насінництво*. Харків, 2007. Вип. 94. С. 46–52.
21. Корнєєва М. О., Мазур З. О. Оцінка ЧС ліній озимого жита в процесі їхнього створення. *Цукрові буряки*, 2007. № 2(56). С. 4–6.
22. Мазур З. О. Оцінка закріплювально-відновлюючої здатності чоловічостерильних ліній озимого жита. *Агрономія : збірник. наукових праць*, Уманського ДАУ. Біла Церква, 2007. В. 64. Ч. 1. С. 176–180.
23. Мазур З. О. Селекція озимого жита на гетерозис. *Цукрові буряки*, 2005. № 5 (47). С. 14–15.
24. Мазур З. О., Корнєєва М. О. Урожайність материнського компоненту гібридів озимого жита, створених за типом простих ЧС-гібридів. *Вісник Білоцерківського державного аграрного університету* : збірник наукових праць Біла Церква, 2007. Вип. 46. С. 23–25.
25. Скорик В. В. Мінливість, успадкування і екологічна стабільність кількісних ознак імунних форм озимого жита та використання їх в селекції : дис. … канд. с. -г. наук : 06. 01. 05 / Скорик Володимир Вікторович Чабани, 1998. 213 с.
26. Циганко В. А., Єгоров Д. К. Насіннєва продуктивність гетерозисних гібридів F1 жита озимого залежно від норми висіву при вирощуванні на ділянках гібридизації в східному Лісостепу України. *Вісник центру наукового забезпечення АПВ*. Харківської обл. 2013. Вип. 15. С. 127– 135.
27. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві. Херсон: Айлант, 2013. 378 с.
28. Чугункова В. Т., Дібровна О. В., Лялько І. І. Генетичні і цитогенетичні основи гетерозису у рослин. Київ : Логос, 2006. 260 с.
29. Шевцов І. А. Дослідження та використання гетерозису. Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть. Київ : Логос, 2001. С. 28–47.

30. Штефан О. О., Єгоров Д. К. Адаптивні особливості зразків жита озимого за продуктивністю та її елементами. *Селекція і насінництво*. 2014. Вип. 105. С. 166–172.
31. Яшовський І. В. Основні біологічні фактори інтенсифікації виробництва зерна. *Наукові основи ведення зернового господарства.* Київ : Урожай, 1994. С. 101–121.
32. Becker H. C., Geiger H. H. Morgenstern. Performance and phenotypic stability of different hybrid types in winter rye. Crop Science. 1982. V. 22, № 2. C. 98–101.
33. Bootsma A., Suzuki M. Zonathion of optimum seeding period of winter wheat based on autumn temperatures. Plant Sc, 1986. Vol. 66. № 3. P. 789–793.
34. Campbell J. M., Lawrence M. J. The population genetics of the self-incompatibility polymorphism in Papaver rhoeas. ll. The number and frequency of S-alleles in a natural population (R 106). Heredity. 1981. V. 46, № 1. P. 81 90.
35. Geiger H. H. Meeting of cereal seetion on rye. EUCARPIA. Sweden, Svalof. 1985. P. 1.
36. Gudrun M. Ein Beitrag zur Entwicklung von Roggenninzuchtlinien als Ausgangsmaterial fur die Hybridzuchtung bei Roggen. Arch. Zuchtungsforsch, 1989. № 3. P. 265–272.
37. Hepting L. Analyse eines 7x7-Sortendialles zur Ermittlung geeeigneten Ausgangsmaterials fur die Hybrid-zushtung bei Roggen. Pflanzenzucht, 1978. P. 188–197.
38. Jaaska V. Secale and Triticale. Isozymes in plant genetics and breeding. Part B. Ed. By S. D. Tanksley, T. J. Orton. Amsterdam, 1982. P. 79 101.
39. Kartel N. A., Malyshev S. V., Voylokov A. V. ilizing of molecular markers in eye genome investi-gations. International Symposium on rye breeding & genetics. Minsk, Belarus, 2010. P. 80
40. Lapinski B., Matusiac J. Assessment of new materials for hybrid breeding of winter triticale with rye cytoplasm of the Pampa type. Biul. Inst. Hodowli Aklimat. Rosl. Warszawa, 2011. № 260–261. P.173–182.

41. Li H., Wang X. Thinopyrum ponticum and Th. intermedium: the promising source of resistance to fungal and viral diseases of wheat. J. Genet. Genom. 2009. Vol. 36. P.557–565.

42. Masojc P., Lapinski P. Polymorphism of amylases from rye endosperm. ll. Lntra and intercultivar variability of the electrophoretic pattern of amylases. Genet. Polon. 1981. V. 25, № 1. P. 17–25.

43. Ockendon D. T. Distribution of S-alleles and breeding structure of cape broccoli (Brassica oleracea var. italica). Theor. Appl. Genet. 1980. V. 58, № 1. P. 11–15.

44. Perezdela V. M., Allard R. W. Mating system and genetic polymorphism in populations of Secale cereale and S. Vavilovii. Canad. J. Genet. Cytol. 1984. V. 26. P. 308 317.

45. Shull D. Beginnings of the heterosis concept. Heterosis ed S. Gowen. 1952. P. 47 56.

46. Tomerius, A. M. Influence of quantitative-genetic and economic parameters on the efficiency of CMS line development in rye. Proceeding of the EUCARPIA Rye Meeting. July 4–7, 2001. Radzikow, Poland, 2001. P.19.

47. Tronsmo A. M., Hsiang T., Okuyama H., Nakajima T. Low temperature disease caused by Microdochium nivale. Low Temperature Plant Microbe Interaction Under Snow. Chapter 7. Hokkaido National Agricultural Experiment Station, 2001. P.75–86.

48. Wilde, P., Menzel J., Schmiedchen B. Estimation of general and specific combining ability variances and their implications on hybrid rye breeding. Proceeding of the EUCARPIA Rye Meeting. July 4–7, 2001. Radzikow, Poland, 2001. P. 17.