

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**05.03 – МКР. 391 «С» 2023.03.16. 015 ПЗ**

**ОМЕЛЬЧУК СВІТЛАНИ ВОЛОДИМИРІВНИ**

НУБІП України 2023/р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
Факультет агробіологічний

Кафедра генетики, селекції і насінництва ім. проф. М.О. Зеленського

УДК 631.527.5:633.851.79

ПОГОДЖЕНО  
Декан агробіологічного  
факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ  
Завідуюча кафедри генетики,  
селекції і насінництва ім. проф.  
М. О. Зеленського

Тонха О.Л.  
(підпис)  
«    » 2023 р.

Макарчук О.С.  
(підпис)  
«    » 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «ОПТИМІЗАЦІЯ МЕТОДИКИ ПРИСКОРЕНОЇ ПЕРЕДАЧІ  
ЦІННИХ ГОСПОДАРСЬКИХ ОЗНАК У БАТЬКІВСЬКІ  
КОМПОНЕНТИ ГІБРИДІВ РІПАКУ ЯРОГО»

Спеціальність 201 «Агрономія»

Освітня програма «Агрономія»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

канд. с.-г. наук, доцент

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

доктор с.-г. наук, проф.

Виконала

Макарчук О.С.

Ковалишина Г.М.

Омельчук С.В.

Київ 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
Факультет агробіологічний

ЗАТВЕРДЖУЮ

Кафедра генетики, селекції і  
насінництва ім. проф. М. О. Зеленського

канд. с.-г. наук, доцент

Макарчук О.С.

(підпис)

2023 року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Омельчук Світлані Володимирівні

Спеціальність 201 «Агрономія»

Освітня програма «Агрономія»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Оптимізація методики прискореної

передачі цінних господарських ознак у батьківські компоненти гібридів ріпаку  
ярого».

Затверджено наказом ректора НУБП України від «16» березня 2023р. №391 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2023.10.14

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: 15 генотипів ріпаку, методика  
прискореної селекції пшениці та ячменю ярих

Перелік завдань для дослідження:

- 1) підібрати освітлювальне обладнання для прискореної селекції ріпаку ярого;
- 2) підібрати оптимальний об'єм тари та режим живлення для вирощування  
рослин ріпаку ярого в лабораторних умовах;
- 3) визначити мінімальний період від запилення до отримання схожого насіння;
- 4) оцінити польову схожість насіння ріпаку ярого отриманого в умовах  
прискореної селекції;
- 5) підібрати батьківські компоненти для гібридів.

Дата видачі завдання « 27 » жовтня 2022р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

доктор с.-г. наук, проф.

Ковалишина Г.М.

(підпис)

Завдання прийняла до виконання

Омельчук С.В.

(підпис)

**РЕФЕРАТ**

# НУБІП України

Магістерська кваліфікаційна робота містить вступ, основну частину, що складається з трьох розділів, висновки, список використаних джерел та додатки.

# НУБІП України

У магістерській кваліфікаційній роботі представлено вісім рисунків, дев'ять таблиць та один додаток. Використано 27 літературних джерел. Загальний обсяг магістерської кваліфікаційної роботи – 44 сторінки.

# НУБІП України

У першому розділі наведений огляд літератури по темі прискореної селекції ріпаку.

У другому розділі описані матеріали та методи проведених досліджень.

# НУБІП України

У третьому розділі описані експериментальні дослідження з аналізом отриманих результатів.

На основі викладеного в розділах матеріалу зроблено висновки.

*Ключові слова: прискорена селекція, ріпак ярий, гібрид F1,*

*батьківські компоненти.*

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	3
ЗМІСТ	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. Огляд літератури	9
РОЗДІЛ 2. Матеріали та методи	15
РОЗДІЛ 3. Експериментальна частина	21
3.1. Оптимізація методики прискореної селекції ярого ріпаку в умовах лабораторії ТОВ ВНІС ГЕНЕТИКС	21
3.2. Реальне застосування методики на наборі вихідного матеріалу ріпаку ярого колекції ТОВ ВНІС ГЕНЕТИКС	26
3.3. Польова оцінка гібридів отриманих в умовах лабораторії прискореної селекції	29
3.4. Створення батьківських компонентів нових гібридів на основі даних урожайності за 2022 рік	31
3.5. Розмноження виведених ліній в групових ізоляторах	33
ВИСНОВКИ	35
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	36
ДОДАТКИ	40

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## ВСТУП

**Актуальність.** Селекційний процес є невід'ємною складовою аграрного виробництва, який є необхідним для поліпшення сортів рослин, тварин і мікроорганізмів, що дає можливість збільшити їх врожайність, стійкість до стресових біотичних та абіотичних факторів та інші показники, що сприяють ефективному вирощуванню та покращенню якості продукції. Одним із основних завдань селекційного процесу є відбір та створення нових сортів та гібридів, здатних відповідати вимогам сучасного ринку та задовольняти потреби споживачів. Крім того, селекційний процес важливий для збереження біорізноманіття та підтримання стійкості екосистем.

Селекція сільськогосподарських культур – це дуже довгий та складний процес, який може зайняти багато років. Він включає в себе велику кількість етапів, таких як підбір батьківських форм, їх схрещування, тестування. Крім того, для селекції необхідні значні фінансові та людські ресурси, що робить цей процес дорогим. Всі ці етапи потребують уважної роботи та високої кваліфікації спеціалістів, що значно підвищує вартість селекційного процесу.

Процес виведення нових сортів і гібридів потребує багато часу, і це не один рік. У звичайних польових умовах можна виростити лише 1 покоління за рік, а використовуючи теплиці або зимові розсадники у іншій півкулі нашої планети – 2 або 3 покоління. Для скорочення цього періоду та підвищення ефективності селекційних програм потрібні нові технології. Одна з таких нових технологій – це методика швидкого вирощування рослин. За допомогою збільшення тривалості фотоперіоду можна отримати 5-6 поколінь ярого ріпаку за рік. Це дозволить прискорити передачу цінних господарських ознак у батьківські компоненти гібридів ріпаку ярого.

Це дослідження було спрямоване на: вивчення впливу тривалості світлового дня на ріст і розвиток рослин ярого ріпаку, його оптимізації; підбір оптимальної тари та режиму живлення для вирощування рослин у лабораторних умовах; визначення мінімального періоду від запилення до отримання схожого насіння.

Отже, оптимізація методики прискореної передачі цінних господарських ознак у батьківські компоненти гібридів ріпаку ярого є важливою темою, яка може допомогти збільшити врожайність ріпаку, зменшити час, витрачений на проходження селекційної програми, а за рахунок цього і знизити витрати на вирощування. Це важливо не тільки для науковців, але й для практичного застосування в аграрній галузі.

**Мета досліджень.** Прискорення селекційного процесу ярого ріпаку шляхом отримання 5-6 поколінь схрещувань за один календарний рік

#### **Завдання:**

- 1) підібрати освітлювальне обладнання для прискореної селекції ріпаку ярого;
- 2) підібрати оптимальний об'єм тари та режим живлення для вирощування рослин ріпаку ярого в лабораторних умовах;
- 3) визначити мінімальний період від запилення до отримання схожого насіння;
- 4) оцінити польову схожість насіння ярого ріпаку отриманого в умовах прискореної селекції;
- 5) підібрати батьківські компоненти для гібридів.

**Предмет дослідження:** елементи технології прискореного селекційного процесу в контрольованих умовах.

**Об'єкт дослідження:** селекційний матеріал, сорти і гібриди сільськогосподарських ярого ріпаку вітчизняної та іноземної селекції.

**Методи дослідження:** польовий – визначення урожайності гібридів, отриманих у лабораторних умовах; вимірювально-ваговий – для визначення біометричних показників формування врожаю; математично-статистичний – для оцінювання достовірності отриманих результатів, визначення кореляційних зв'язків (кореляційний та дисперсійний аналізи); лабораторний – вирощування рослин у закритій системі; розрахунково-порівняльний – для оцінювання економічної ефективності технології прискореної селекції.

За період навчання в магістратурі мною було представлено результати досліджень на п'яти конференціях міжнародного рівня, де було опубліковано тези конференцій, а також представлені результати у формі презентацій. Робота була представлена на конкурсі наукових студентських робіт у 2023 році і зайняла призове друге місце на агробіологічному факультеті.

Результати роботи впроваджено у виробництво в приватній селекційній компанії ВНС і успішно використовуються для роботи із ярим та озимим ріпаком.



## РОЗДІЛ 1. Огляд літератури

Ріпак (*Brassica napus* L.) на сьогоднішній день є однією з ключових олійних культур у світі і його важливість та перспективи зросли завдяки радикальним змінам у біології цієї рослини, що відбулися завдяки систематичній селекційній роботі. Важливими досягненнями було введення вирощування сортів ріпаку з низьким вмістом ерукової кислоти в олії та подальший розвиток безерукових і низькоглюкозинолатних сортів типу *canola*, що сприяє стійкому зростанню площ під посівами цієї культури упродовж останніх 10-15 років.

Тривалий час ріпак залишався основною олійною культурою в Європі та Північній Америці. За різними даними ріпак культивується людиною уже протягом 2-6 тис. років як у Європі, так і в Азії. До переходу на викопне паливо ріпакова олія використовувалась для вуличного освітлення у масляних ліхтарях, оскільки при горінні дає приємне біле світло і горить майже бездимно. Сьогодні напрями використання ріпаку трохи змінилися: це харчова промисловість, виробництво кормів для тварин, виробництво змащувальних матеріалів та біодизелю, не слід забувати і те, що ріпак є чудовим медоносом.

Ріпак володіє цінним комплексом господарських ознак, необхідних для успішного ведення сільського господарства. Він є важливою складовою у сівозміні, особливо як попередник для озимих зернових.

Продукти переробки ріпаку входять до числа найбільш доступних рослинних олій, які широко використовуються в різних галузях господарства та користуються попитом на світовому ринку. Розширення посівних площ під ріпаком ставить перед виробниками завдання розробки та впровадження сучасних технологій вирощування. Ці технології

повинні забезпечувати підвищений рівень рентабельності та якості продукції, щоб відповідати сучасним вимогам ринку та забезпечити стабільний прибуток у сільському господарстві [1-6].

У наш час, ріпак вирощується у понад 30 країнах світу і є однією з найпоширеніших культур у світі. Площі під посівами ріпаку становлять понад 30 мільйонів гектарів, що складає 10,5% загальної площі, призначеної для основних олійних культур. Протягом останніх 30 років світове виробництво товарного насіння ріпаку зросло більше, ніж у п'ять разів і перевищило показник вище 50 мільйонів тонн. Так, у 2022/2023 вегетаційному році у світі було зібрано 88,3 мільйонів тонн. Наприклад, у 2022 році в Канаді було зібрано понад 18,2 мільйонів тонн, у Китаї – майже 15 мільйонів тонн, а Індія, що посідає третє місце серед виробників ріпаківної олії, виробила 8 мільйонів тонн. Україна посідає п'яте місце у світовому рейтингу за виробництвом ріпаку з показником 3,6 мільйони тонн [7-8].

Збільшення виробництва насіння ріпаку можливе не лише через збільшення площі під цією культурою, але і завдяки введенню на ринок нових високоврожайних сортів із покращеною якістю олії в насінні та адаптованих до конкретних умов вирощування. Сучасна селекція ріпаку спрямована на створення сортів для харчового та технічного використання, а також для використання як зелений корм. Однак, незалежно від напрямку, кілька загальних ознак, за якими проводиться відбір, включають високий врожай високоолійного та високобілкового насіння, швидкість дозрівання, стійкість до розтріскування стручків, осипання та вилягання, а також стійкість до негативних факторів середовища, хвороб і шкідників. Крім цього, сорти повинні показувати стабільний врожай протягом років [9].

Існує загальноприйнята думка, що сорти та гібриди ріпаку мають однакову врожайність. Ця думка була об'єктивною приблизно 10 років тому, але в наші дні гібриди озимого ріпаку значно випереджають сорти за урожайністю, особливо при вирощуванні їх не в екстремальних умовах.

У чому різниця між сортом і гібридом? Сорт (в англomовних країнах позначається OP – open pollinated variety) – це популяція рослин, яка є гомозиготною лінією. Насінництво сортів відбувається шляхом відкритого самоzapилення на ізольованих ділянках, тому, якщо забезпечити достатню просторову ізоляцію у посівах ріпаку, сорти можна в дтворювати декілька років підряд в одному господарстві, не купуючи нове насіння.

На відміну від сортів, гетерозисні гібриди отримують шляхом схрещування двох гомозиготних ліній. Порівнюючи врожайність гібридів і сортів, можна стверджувати, що гібриди показують кращий результат і з кожним наступним циклом селекції вони стають продуктивнішими, з'являються нові господарсько-цінні ознаки. У цьому процесі також широко використовуються трансгенні технології. Тому майбутнє належить гібридам.

Для отримання гетерозисних гібридів потрібно провести схрещування двох ліній. Щоб зробити це у промислових масштабах, необхідно щоб процес був контрольованим, тобто одна з ліній повинна бути стерильною. У ріпаку на даний момент найчастіше використовуються два види стерильності – цитоплазматична чоловіча стерильність Ogma та ядерна чоловіча стерильність MSI (D0).



Рис. 1.1. Чоловіч-стерильна квітка ріпаку (зліва) та нормальна фертильна квітка (справа)

Цитоплазматична чоловіча стерильність – це ключова ознака, що дає можливість отримувати гетерозисні гібриди в промислових масштабах (рис. 1.1). Найбільш поширена цитоплазматична чоловіча стерильність типу Ogura була відкрита у 1968 році на рослинах дикої японської редьки. Шляхом соматичної гібридизації цю ознаку було передано ріпаку. Також із геному редьки вдалося перейняти ген відновлення фертильності, з яким виявились зчеплені гени, шкідливі для господарських ознак ріпаку від яких довелося тривалий час позбавлятися.

Перший комерційний гібрид ріпаку на основі ЦЧС було зареєстровано в 1989 році. Генетичний контроль ознаки забезпечується двома компонентами: ядерним геном *Rf* (restorer of fertility) та мітохондріальним локусом *ORF138*. Схематично контроль ознаки можна описати наступним чином (табл. 1.1.) [11-12].

Таблиця 1.1. Генетичний контроль ЦЧС типу Ogura

Цитопlasма	Алель гену <i>RF</i>	Фенотип
Стерильна ( <i>ORF138</i> присутній)	<i>Rf</i> доміантний	Фертильний (така комбінація характерна для гібридів F1)
Стерильна ( <i>ORF138</i> присутній)	<i>rf</i> рецесивний	Стерильний (характерно для материнських ліній гібридів)
Нормальна ( <i>ORF138</i> відсутній)	<i>Rf</i> доміантний	Фертильний (характерно для батьківських компонентів гібридів)
Нормальна ( <i>ORF138</i> відсутній)	<i>rf</i> рецесивний	Фертильний (характерно для ліній закріплювачів стерильності, які необхідні для розмноження материнських форм) ○○

Австралійськими вченими із Квінслендського університету у 2018 році було опубліковано дані про отримання чотирьох поколінь ріпаку ярого за рік, із використанням технології прискореної селекції «Speed breeding».

Швидке збільшення населення та глобальні зміни клімату на планеті викликають значне занепокоєння щодо глобальної продовольчої безпеки, оскільки поточні темпи поліпшення важливих сільськогосподарських культур недостатні для задоволення майбутнього попиту. Ця повільна швидкість проведення селекційного процесу пояснюється тривалим періодом вегетації культурних рослин. У статті був описаний метод під назвою «Speed breeding», який значно скорочує час вегетації і прискорює програму селекції та проведення досліджень.

Група вчених розробила технологію вирощування рослин пшениці, ячменю та ріпаку в контрольованих умовах із використанням сучасних кліматичних камер та потужних LED-світильників і змогла досягти прискорення росту рослин за рахунок збільшення тривалості світлового дня.

Яра пшениця та ячмінь показали найкращі результати і з них змогли отримати до 6 поколінь за один рік, а для ріпаку – 4 покоління. Це надзвичайно цінна технологія, яка на сьогоднішній день може стати доступною для більшості наукових установ, які займаються селекцією зернових та інших культур. За 6 поколінь можна завершити серію беккросів конкретних ознак у цінні генотипи, вивести гомозиготні лінії самозапильних культур, таких як пшениця.

Для більшості сільськогосподарських рослин виведення нових вдосконалених сортів займає кілька років. Після схрещування відібраних батьківських ліній зазвичай потрібно 4–6 поколінь інбридингу для розвитку генетично стабільних ліній та оцінки агрономічних ознак і врожайності. Це особливо трудомістко для цольових культур, які часто обмежуються лише 1–2 поколіннями на рік. Австралійські вчені

представили протоколи для «прискореного вирощування», в яких використовують збільшений фотоперіод для прискорення темпів розвитку рослин, а також збирання та проростання незрлого насіння, таким чином скорочуючи час вегетації. Технологія була досліджена на прикладі таких культур як, пшениця м'яка (*T. aestivum*), тверда пшениця (*T. durum*), ячмінь (*H. vulgare*) і модельна рослина *Brachypodium distachyon*. Рослини вирощували в кліматичній камері із подовженим фотоперіодом до 22 годин світла та 2 години темряви.

Після публікації першої статті по прискореній селекції, подібний ефект від подовженого світлового дня почали успішно використовувати і для інших культур. Технологія набула значної популярності і її використання змогли оптимізувати і для культур короткого дня, шляхом зміни тривалості світлового дня протягом різних фаз розвитку рослини.

Загалом дану технологію уже змогли впровадити у селекційні програми вівса, ячменю, пшениці, ріпаку, конюшини, сочевиці, нуту, гороху, бобів, люпину, льону, рису, сорго, сої, голубиною гороху, земляного горіху бамбара, арахісу та амаранту. І це тільки список культур для яких дослідження уже завершені і зроблено висновки та опубліковано статті про можливість використання технології [13-23].

## РОЗДІЛ 2. Матеріали та методи

### Умови вирощування рослин в лабораторії *Speed breeding*

#### Освітлення

Щільність потоку фотосинтетичних фотонів (PPFD) – це найважливіший показник для правильного налаштування освітлення для рослин, по суті він характеризує кількість світла, яка сприймається хлоропластами на одиниці площі за одиницю часу ( $\mu\text{Mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ). Рослини ріпаку потребують щонайменше 400-500  $\mu\text{Mol}/\text{m}^2/\text{s}$  для нормального розвитку, при нижчих значеннях спостерігаються симптоми дефіциту світла, які проявляються у витягуванні гіпокотидів у проростків, а також у видовженні черешків справжніх листків і надмірному видовженні квітоносних пагонів. Якщо ж даний показник буде вищим, то буде спостерігатись токсична дія світла, яка проявляється в пожовтінні листків із подальшими некрозами.

Найбільш ефективний спосіб освітлення для рослин в теплицях – використання світлодіодних світильників, оскільки вони найменш енергозатратні і не схильні до надмірного нагрівання під час роботи, що дозволяє розміщувати їх ближче до рослин. Це в свою чергу дає можливість більш рціонально використовувати робочий простір і організувати процес вирощування рослин у форматі вертикальної ферми.

Для порівняння було проведено аналіз спектру світла натрієвих ламп, які як правило використовуються в теплицях, та світлодіодних ламп, які ми використовуємо в лабораторії прискореної селекції (рис. 2.1). Їх спектри відрізняються. Порівнявши інтенсивність випромінювання двох видів ламп і наклавши їх на графік фотосинтетично активної радіації, що рослини споживають в звичайних польових умовах, можна побачити, що для світлодіодів характерне більш обширне охоплення фотосинтетично активної частини спектру світла.



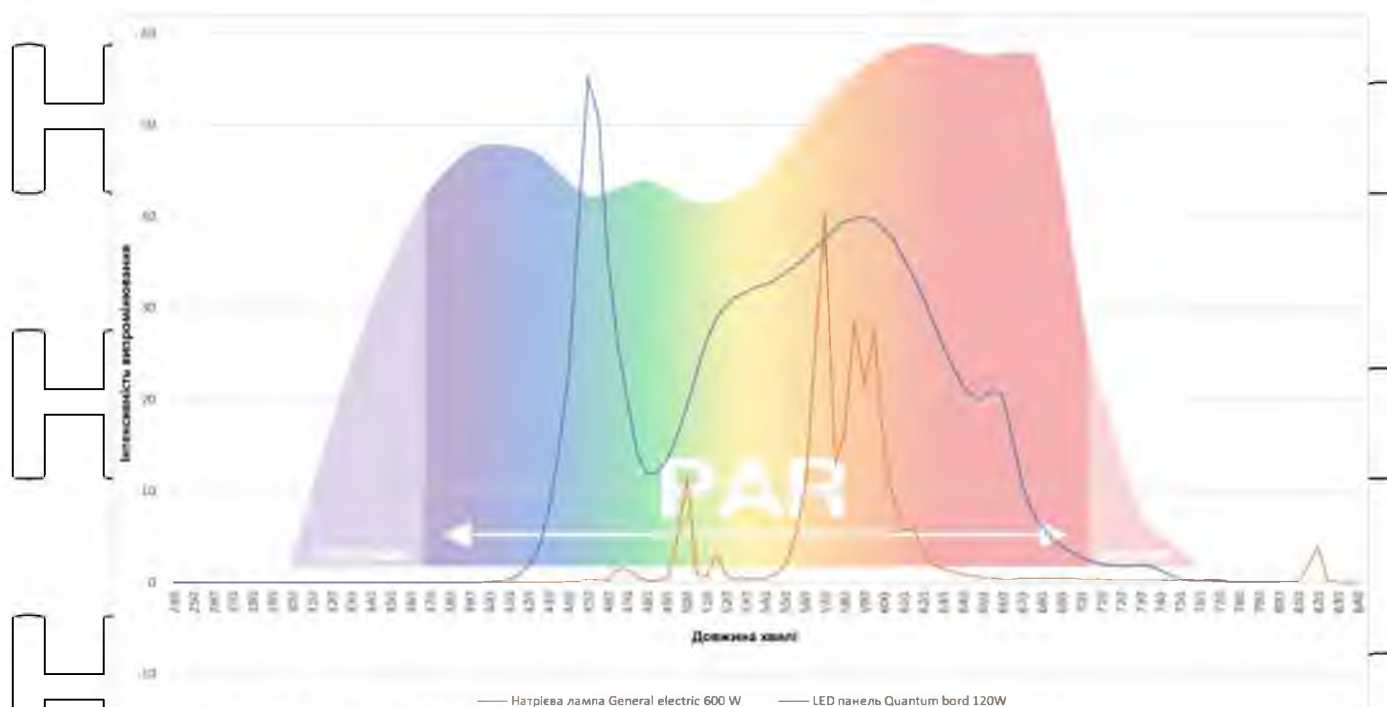


Рис. 2.1. Графік порівняння спектрів світла різних освітлювальних приладів призначених для вирощування рослин

Світлодіодні лампи Quantum board 120 W (рис. 2.2) мають вищу інтенсивність випромінювання. Вони мають повний спектральний склад світлового потоку, який є оптимальним для росту та розвитку рослин. Ці лампи споживають менше електроенергії та майже не видають тепла, що знижує ризик перегріву теплиці. Однак, світлодіодні лампи зазвичай коштують більше, ніж натрієві лампи.

Натрієві лампи General electric 600 W (рис. 2.3) мають менш плавний спектр із двома яскраво вираженими піками в синій та червоній зоні. Цей спектр сприяє цвітінню та витягуванню рослин у висоту.

Недоліком таких ламп є те, що вони споживають багато електроенергії та видають значну кількість тепла, що може стати проблемою в теплиці.

Отже, за використання світлодіодних ламп у теплицях, можна досягти кращих результатів при меншому споживанні енергії та ризику перегріву.





Рис.2.2.



Рис.2.3.

Рис.2.2: приклад світлодіодних ламп;

Рис.2.3: приклад натрієвих ламп, які використовуються в промислових теплицях

Загалом, підвищити інтенсивність освітлення для рослин можна

шляхом розміщення ламп ближче до рослин, однак газорозрядні натрієві лампи виділяють велику кількість тепла і при розміщенні на відстані менше 1 метра від рослини просто спалять її. Світлодіоди починають шкодити рослинам тільки при розміщенні їх ближче 5 см від рослини.

#### *Фотоперіод*

Ріпак є культурою довгого світлового дня, що означає, що для його цвітіння необхідна більша кількість світла на день. Зазвичай, ріпак цвіте,

коли світловий день становить 10-14 годин, залежно від сорту рослини.

Це відрізняє ріпак від інших культур, таких як соя чи кукурудза, які є культурами короткого світлового дня.

Збільшення тривалості світлового дня позитивно впливає на ріст і розвиток ріпаку. Рослини ростуть швидше і швидше переходять із однієї фази розвитку в другу, тобто прискорюється настання фази цвітіння.

Оптимальний фотоперіод для прискореного вирощування рослин ріпаку в теплиці становить 22 години світла. Ріпак здатен нормально рости і при цілодобовому освітленні, але дві години темряви на добу позитивно впливають на стан рослин, хоча не грають ключової ролі в прискоренні росту. Втім за умов цілодобового освітлення дуже складно забезпечити оптимальний режим мінерального живлення. Варто зазначити, що зменшення фотоперіоду до 18 годин і менше помітно сповільнює розвиток рослин, порівняно із 22-годинним світловим днем.

#### *Температурний режим та вологість повітря*

Температура в теплиці один із важливих чинників, що впливають на ріст рослин, споживання вологи і елементів живлення, на якість і кількість насіння. Від сильних перепадів температур можуть виникати захворювання рослин. Оптимальна температура для вирощування рослин ріпаку – від 22°C до 25°C вдень і 18°C вночі. Збільшення температури в теплиці негативно впливає на стан рослин. При температурі вище 25°C рослини починають сильно витягуватись, зупиняються в розвитку. При підвищеній температурі сповільнюються життєво необхідні процеси, наприклад фотосинтез, зменшується ефективність запилення. Зменшення температури призводить до появи грибкових хвороб на рослинах. Так ріпак може масово уражуватись збудником борошнистої роси (*Erysiphe graminis*). З обох сторін листя з'являються ознаки ураження у вигляді борошнистого насипу. З часом він стає все гущішим і набуває вигляду подушечки, жовтуватого кольору. Займає всю площу ураженої частини рослини, та суттєво зменшує урожай.

Вологість повітря в теплиці повинна знаходитись у межах 60-70%.



### Горщики для вирощування

Оптимальний об'єм тари для вирощування рослин – горщики об'ємом 0,5 літра. За таких умов вирощування рослини ріпаку повноцінно вступають в усі фази розвитку і зав'язують схоже насіння (рис. 2.4 – 2.5).

При використанні горщиків більшого об'єму рослини нарощують більшу вегетативну масу, що збільшує час до настання фази цвітіння. Також ми вирощували рослини в розсадних касетах із розмірами комірок 3x3x8 см, швидкість росту суттєво не змінюється, але з касетами не зручно працювати через велику щільність розташування рослин.



Рис. 2.4



Рис. 2.5

Рис. 2.4-2.5. На рисунках показано, що рослини вирощені в горщиках об'ємом 0,5 л та в касеті об'ємом 0,2 л можна довести до фази цвітіння, та згодом зібрати насіння.

### Субстрат

Для нормального росту і розвитку рослин необхідно також мати субстрат, який задовольнятиме потреби рослини в своєчасному отриманні поживних речовин. Для вирощування рослин ми підбрали

універсальний торф'яний субстрат. Виробник – Dureta, країна походження – Литва. Субстрат виготовлений із верхового торфу, доповнений основними макро- та мікроелементами живлення, рН – 5,8.

6.5. Фракція торфу – середня. Поживні речовини: N – 100-250 мг/л, P2O5 – 120-300 мг/л, K2O – 150-400 мг/л, та мікроелементи: Fe, Mn, Cu, B, Zn та інші.

При використанні дешевшого торфу українського виробництва фірми EcoPlus зі схожими показниками якості, ми стикнулись із проблемою засвоєння рослинами поживних речовин. Рослини на початкових етапах розвитку мали явні ознаки нестачі основних елементів живлення, розвивались повільніше. Під час цвітіння спостерігали погане утворення пилку та значне зменшення якості запилення та зав'язуваності насіння.

*Режим живлення та заходи догляду*

Підживлення рослин проводили один раз на тиждень універсальним комплексним добривом Kristalon Yara 20:20:20, згідно рекомендаціям виробника. Додатково проводили підживлення по листу 1% розчином кальцієвої селітри один раз на тиждень.

Для захисту від хвороб та шкідників превентивно використовували один раз на тиждень препарати Тіовіт Джет фірми Syngenta (на основі колоїдної сірки) – проти борошнистої роси; та Актара (Syngenta) – для захисту від попелиці.

## РОЗДІЛ 3. Експериментальна частина

### 3.1. Оптимізація методики прискореної селекції ярого ріпаку в умовах лабораторії ТОВ ВНС ГЕНЕТИКС

Дослід із оцінки мінімального періоду дозрівання насіння, необхідного для отримання повноцінних сходів, полягав у щоденному відборі зразків насіння із досліджуваних рослин та висіву цього насіння на зволожений фільтрувальний папір. Підготовку рослин до експерименту проводили наступним чином: після зацвітання перших квіток, їх обривали, а суцвіття ізолювали. На другий день після ізоляції розкриті квітки занижували вручну, а всі нерозкриті бутони видаляли. Відбір зразків насіння проводили шляхом відрізання стручків із ізолятора, починаючи з 19-го дня після запилення. 19-й день було обрано, оскільки на цьому етапі розвитку насіння в стручках набувало інтенсивно-зеленого кольору та твердої консистенції і виростало до розмірів зрілого насіння. Після зрізання стручків, їх відокремлювали від стебла і досушували при кімнатній температурі протягом 4 днів. Підсушені стручки обмолочували і висівали усе насіння у чашки Петрі із зволженим фільтрувальним папером. Пророщування насіння проводили в термостаті за температури 20°C у темряві. Починаючи зі зразка з 20-го дня після запилення поодинокі насінини проростали, але давали маленькі і химерні проростки. Позитивна динаміка збільшення схожості насіння почалась з 27-го дня після запилення (табл. 3.1.1). За результатами даного експерименту прийнято рішення про подальше використання в роботі насіння зібраного через 30 і більше днів після запилення.

Паралельно із цим дослідженням було проведено ще один дослід по пророщуванню незрілих зародків ріпаку на 14-й день після запилення на поживному середовищі 1/2 MS. Насіння було успішно пророщено і з нього вирощені дорослі рослини, однак прискорення росту не вдалось досягти, оскільки незрілі зародки на поживному середовищі спочатку

дозрівали упродовж не менше 7 днів, після чого починали проростати і взагалі росли значно повільніше, ніж рослини пророщені із насіння в нестерильних умовах. Виходячи із отриманих результатів було зроблено висновок про недоцільність використання методики «Embryo rescue», яка потребує більших затрат часу та праці, але не прискорює селекційний процес так ефективно, як використання уже дозрілого насіння на 30-й день після запилення.

Таблиця 3.1.1. Схожість насіння висіяного у різних ступенях стиглості

Зразок	Днів після запилення	% пророслих насінин на третю добу після висіву
1	19	0
2	20	10
3	21	0
4	22	0
5	23	11
6	24	0
7	25	35
8	26	10
9	27	70
10	28	69
11	29	82
12	30	100

Застосування описаної в попередніх розділах методики дозволило прискорити процес отримання нових поколінь ярого ріпаку в середньому на 10 днів, порівняно із результатами авторів оригінальної методики, яку ми брали за основу (табл. 3.1.2). Сприйнятливність рослин до технології прискорення залежить від генотипу, але загальна тенденція вказує на високу ефективність запроваджених елементів технології.

Таблиця 3.1.2. Порівняння результатів застосування технології «Speed breeding» отриманих у оригінальній статті та за оптимізованою методикою

Генотип	Кількість днів від посіву до початку стеблуння	Кількість днів від посіву до бутонізації	Кількість днів від посіву до початку цвітіння
Taparoo	36	38	44
ATR Cobbler	39	41	46
ATR Beacon	37	40	45
CB Argyle	42	43	49
Westar	41	42	47
Skipton	37	40	44
Bravo TT*	38	40	47
Успіх	21	34	38
Клеопатра	14	19	25
Westar	21	27	37
Regent	21	34	39
Дублер	21	26	37
Абілігі	22	27	35
Global	22	37	40
Topas **	21	28	34

\* результати наведені в оригінальній статті.

\*\* результати отримані із використанням оптимізованої методики

Окрім значного прискорення селекційного процесу додатковим результатом даного дослідження можна вважати суттєве зниження вартості обладнання для лабораторії прискореної селекції, адже світлодіодні панелі, використані в даній роботі, коштують значно дешевше ніж ті, що використовуються у сучасних наукових установах Великобританії та Австралії. Вирощування рослин у малому об'ємі ґрунту (до 0,5 л) зменшує витрати субстрату для рослин та суттєво зменшує площу, яку вони займають. Крім того така технологія дозволяє вирощувати рослини на стелажах у декілька поверхів у форматі вертикальної ферми, що і було реалізовано після завершення даного дослідження (рис. 3.1).





Рис. 3/1. Лабораторія прискореної селекції, з можливістю вирощування рослин на стелажах у форматі вертикальної ферми.

Останнім етапом даної роботи стала перевірка польової схожості насіння, отриманого через 5-6 поколінь вирощування в умовах прискореної селекції. Насіння, отримане в лабораторних умовах, висівали на ділянках доборів та випробування гібридів в умовах господарства



«Джін енд сідз» у квітні 2023 року. Польова схожість та загальний стан рослин, вирощених із насіння отриманого в польових умовах, нічим не відрізнялась від насіння, отриманого в умовах прискореної селекції.

Оскільки компанія ВНІС займається селекцією озимого ріпаку, дана методика була застосована і в програмі зі створення ліній озимого ріпаку. Головна затримка у часі викликана потребою у яровизації, для цього використовують кліматичні камери. В нашому випадку в якості такої камери було використано побутовий холодильник оснащений світлодіодним освітленням. За основу була взята методика прискореної

селекції пшениці озимої, суть якої полягає в тому, що насіння висівають на поверхню ґрунту і відразу ставлять у холодильник за цілодобового освітлення. Оскільки озима пшениця має значно коротший період яровизації, а також нижчу температуру проростання насіння, то за використання такого методу цвітіння настає приблизно через два місяці після посіву.

Для озимого ріпаку ми модифікували цю методику, а саме: насіння пророщували в теплиці за температури  $23^{\circ}\text{C}$ , а уже після цього на стадії сім'ядолей рослини переносили в холодильник, де цілодобово увімкнено світло. Через два місяці рослини переносили в теплицю. Цвітіння починалося протягом місяця після завершення яровизації. Таким чином вдалось досягти швидкості проходження одного циклу в 13 тижнів, що дозволяє отримувати майже 4 покоління озимого ріпаку за рік. Ця методика відрізняється від загально прийнятої тим, що не потрібно чекати доки рослини підростуть до потрібної фази, яровизація починається одразу ж після проростання насіння. У контрольованих умовах рослинам нічого не загрожує, тому є можливість суттєво скоротити період, необхідний на отримання наступного покоління.

Взагалі, прискорення селекції можна назвати трендом останніх років, оскільки все частіше з'являються публікації із використанням подібних методик для різних видів рослин, в тому числі і для рослин короткого світлового дня, таких як кукурудза чи соняшник.

### 3.2. Реальне застосування методики на наборі вихідного матеріалу ріпаку ярого колекції ТОВ ВНІС ГЕНЕТИКС

Після оптимізації методики прискореної селекції було розпочато роботу зі схрещування та аналізу вихідного матеріалу (табл. 3.2.1).

Таблиця 3.2.1. Перелік генотипів використаних у досліді

№ зразка	Назва сорту	Оригінал	Рік реєстрації	Країна походження	Тип цитоплазми	Фертильність	Відновлення
1	Дублер	Зразок з генбанку		Україна	Нормальна	Ні	
2	Кюррі КЛ F1	ДСВ	2018	Німеччина	Нормальна	Ні	
3	Абіліті	ДСВ	2006	Німеччина	Нормальна	Ні	
4	Успіх	Зразок з генбанку		Україна	Нормальна	Ні	
5	Клеопатра	ЗагБау	2019	Австрія	Нормальна	Ні	
6	Westar	Зразок з генбанку		Канада	Нормальна	Ні	
7	Regent	Зразок з генбанку		Канада	Нормальна	Ні	
8	Дублер	Зразок з генбанку		Україна	Нормальна	Ні	
9	Global	Зразок з генбанку		Канада	Нормальна	Ні	
10	Toras	Зразок з генбанку		Канада	Нормальна	Ні	
11	Кобзар	Зразок з генбанку		Україна	Нормальна	Ні	
12	Айдар	ВНІС	2006	Україна	Нормальна	Ні	
13	Вніс 100	ВНІС	2004	Україна	Нормальна	Ні	
14	Добробут	ВНІС	2004	Україна	Нормальна	Ні	
15	ІР45Г04 F1	Піонер (зараз Кортева)	2006	Франція	Стерильна	Так	

За походженням вихідний матеріал, використаний в досліді, можна поділити на три категорії: зразки із генетичних банків (Україна та США); комерційні сорти представлені на ринку; комерційні сорти, які більше не підтримуються в реєстрі, але раніше були представлені на українському ринку.

Оскільки кінцевою метою програми було створення гетерозисних гібридів, першим етапом роботи стало схрещування всіх сортів, крім гібридів Кюррі КЛ та ПР45Г04, між собою за неповною діалельною схемою для виявлення кращих комбінацій. Паралельно із цим усі генотипи було схрещено із гібридом ПР45Г04, який створено на основі цитоплазматичної чоловічої стерильності типу OGURA, для перевірки наявності в них гена відновлення фертильності. ПР45Г04 в усіх схрещуваннях виступав у ролі материнського компоненту, оскільки важливо було отримати всі гібриди на стерильній цитоплазмі.

Перевірку генотипів на предмет відновлення, або закріплення чоловічої стерильності проводили шляхом оцінки 50 рослин, отриманих від схрещування кожного сорту із гібридом ПР45Г04 під час цвітіння.

Оскільки в гібридах на основі цитоплазматичної чоловічої стерильності OGURA ген відновлення фертильності  $Rf$  знаходиться у гетерозиготному стані (генотип  $Rf/rf$ ), то при схрещуванні із закріплювачем стерильності (генотип  $rf/rf$ ) наступне покоління буде мати розщеплення 1:1 за ознакою чоловічої стерильності. При схрещуванні гібрида із відновником фертильності (генотип  $RfRf$ ) наступне покоління буде все фертильним (табл. 3.2.2).

Таблиця 3.2.2. Схема успадкування ознаки відновлення фертильності

№	Комбінація	Генотипи	Розщеплення	Інтерпретація
1	Гібрид x сорт	SRfrf x Nrfrf*	50% стерильних (rfrf) 50% фертильних (Rfrf)	Сорт - закріплювач стерильності
2	Гібрид x сорт	SRfrf x NRfRF	100% фертильних	Сорт - відновник фертильності
3	Гібрид x гібрид**	SRfrf x SRfrf	75% фертильних 25% стерильних	Обидва компоненти гетерозиготні за геном RF

\* - S - стерильна цитоплазма, N - нормальна цитоплазма

\*\* - таке розщеплення очікувалось отримати від схрещування PR45G04 x Кюрі КЛ.

Усі перераховані генотипи виявились закріплювачами стерильності, що в цілому характерно для більшості сортів (табл. 3.2.1).

Цікавим фактом виявилось і те, що гібрид Кюрі КЛ селекції ДСВ теж виявився закріплювачем стерильності OGURA, що говорить про те, що

цей гібрид створено на іншій системі гібридизації. В подальшому було виявлено, що це ядерна чоловіча стерильність MSZ (табл. 3.2.2).

Гібридизацію проводили вручну із застосуванням кастрації одного із компонентів схрещувань. Для оцінки отриманих гібридів необхідно було отримати щонайменше 2500 насінин кожного гібриду, в середньому для цього знадобилось по 10 кастрацій на кожну комбінацію. В умовах лабораторії прискореної селекції на одній рослині можна зростити від трьох до семи окремих кастрацій, відповідно і схрещувань.

Загалом було отримано 78 гібридів між вихідними зразками.

Насіння було підготовлено та висіяно на ділянках для порівняння їх між собою та із стандартом.

### 3.3. Польова оцінка гібридів отриманих в умовах лабораторії прискореної селекції

Оцінку отриманих гібридів за урожайністю проводили на базі господарства «ДЖІН ЕНД СІДЗ» упродовж весни-літа 2022 року. Кожен гібрид висівали у 3-х повтореннях, кожна 10 ділянка – стандарт. В якості стандарту використовували гібрид ПР45К04. Оцінку урожайності проводили окремо для кожного блоку, у порівнянні із середньою урожайністю стандарту в блоці. Загалом було 10 блоків по 24 ділянки. За результатами першого року випробування було обрано 5 гібридів, які у кожному повторенні перевищили стандарт (табл. 3.3.3). Подальша робота зі створення стерильних ліній та відновників фертильності була продовжена із батьківськими компонентами цих гібридів.

Таблиця 3.3.3. П'ять гібридів, які перевищили стандарт за урожайністю

№	Комбінація	Середнє перевищення до стандарту, %	Середня урожайність, ц/га
1	Абілігі x Topas	23,08	17,8
2	Дублер x Айдар	20,59	18,9
3	Клеопатра x Успіх	5,2	19,8
4	Вніс 100 x Успіх	19,95	17,8
5	Westar x Regent	12,01	16,7

За результатами оцінки урожайності гібридів (додаток А.) було побудовано графік, що дозволяє оцінити продуктивність генотипу у порівнянні зі стандартом блоку, при цьому не прив'язуючись до абсолютної урожайності. Така форма оцінки дозволяє краще інтерпретувати результати в залежності від умов конкретної ділянки поля, оскільки ідеально рівномірних полів практично не буває (рис. 3.3).



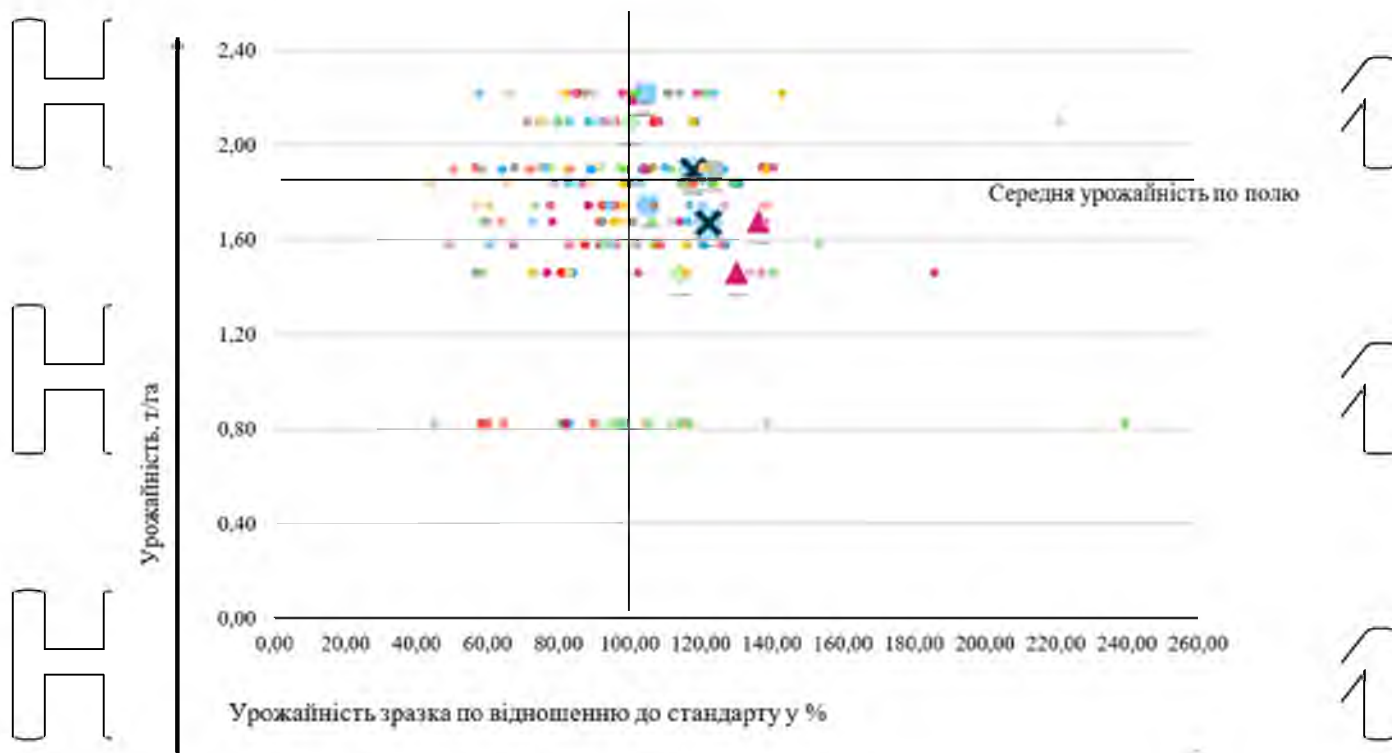


Рис. 3.3. Порівняння продуктивності отриманих гібридів по відношенню до стандарту.

Середня урожайність по полю склала 17,1 ц/га. Під час цвітіння на ділянках проводили добори за морфологією рослин та ізолювали окремі

суцвіття. На основі даних по урожайності було розподілено весь матеріал

на дві групи ліній. Оскільки у ріпаку немає гетерозисних груп як, наприклад, у кукурудзи, то кожна селекційна установа прагне до створення власних локальних гетерозисних пулів ліній. Тому в

подальшому буде вестись окреме покращення материнських ліній – чоловічо-стерильних форм і їх ліній-закріплювачів стерильності, та батьківських форм – відновників фертильності. Тобто, усі схрещування

проводитимуться в межах одного пулу, а для отримання тестових гібридів – між пулами. Взагалі досягти у ріпаку такої відселектованості

як у кукурудзи дуже складно, оскільки ріпак має закріпленний гетерозис за рахунок наявності у нього двох геномів.

На сьогоднішній день селекціонери для покращення своїх гібридів використовують конкретні ознаки, такі як стійкість до хвороб, стійкість до розтріскування стручків, стійкість до гербіцидів. Для поповнення генетичного різноманіття все частіше звертаються до ресинтезу ріпаку – міжвидове схрещування предків ріпаку – капусти та суріпиці.

### 3.4. Створення батьківських компонентів нових гібридів на основі даних урожайності за 2022 рік

За результатами першого року випробування було відібрано 3 комбінації, які в разі повторення успіху 2022 року можуть стати комерційними гібридами. Для того, щоб розмножувати насіння таких гібридів було розпочато роботу з переведення обраних ліній на систему цитоплазматичної чоловічої стерильності OGURA за наступною схемою (табл. 3.4.1). Комбінації, за участі комерційних сортів Абілті та Клеопатра, не можуть бути використані для створення ліній-аналогів без отримання ліцензії від оригінатора, тому ці сорти в подальшому будуть використані у схрещуваннях для поліпшення інших ліній в рамках різних пулів покращення батьківських та материнських компонентів гібридів.

Таблиця 3.4.1. Розподіл батьківських компонентів майбутніх гібридів за ознакою чоловічої стерильності

№	Генотип	Присвоєна функція
1	Дублер	Стерильна лінія
2	Вніс 100	Стерильна лінія
3	Westar	Стерильна лінія
4	Айдар	Відновник фертильності
5	Успіх	Відновник фертильності
6	Regent	Відновник фертильності

Донором ознак чоловічої стерильності та відновлення фертильності став гібрид ПР45Г04, оскільки гібриди із ним були отримані на попередньому етапі дослідження, перший беккрос ознак в обрані лінії уже був зроблений. Схема передачі ознак в обрані генотипи полягала у проведенні серії із 5 беккросів (табл. 3.4.2).

Таблиця 3.4.2. Схема беккросів, застосована для отримання батьківських компонентів гібридів

Покоління	Материнський компонент	Батьківський компонент	Генетична відповідність вихідній лінії
<b>Отримання стерильної лінії</b>			
1	ПР45Г04	Дублер*	○ 50%
2	ПР45Г04 x Абелія	Дублер	○ 75%
3	ПР45Г04 x Дублер BC2	Дублер	○ 87,5%
4	ПР45Г04 x Дублер BC3	Дублер	○ 93,75%
5	ПР45Г04 x Дублер BC4	Дублер	○○ 96,9%
<b>Отримання відновника фертильності</b>			
1	Айдар**	ПР45Г04	○ 50%
2	Айдар x ПР45Г04	Айдар	○ 75%
3	Айдар x ПР45Г04 BC2	Айдар	○ 87,5%
4	Айдар x ПР45Г04 BC3	Айдар	○○ 93,75%
4	Айдар x ПР45Г04 BC4	Айдар	○○ 96,9%
5	Айдар x ПР45Г04 BC5	Самозапилення***	○○ 96,9%

\* - приклад схеми беккросування ознаки чоловічої стерильності. В даному випадку важливе збереження стерильної цитоплазми. Оскільки вихідна лінія - закріплювач стерильності то генетична відповідність вихідній лінії збільшуватиметься із кожним наступним циклом розмноження.

\*\* - приклад схеми беккросування ознаки відновлення фертильності. В даному випадку не важливо збереження цитоплазми. Зазвичай відновники мають нормальну цитоплазму. Якщо використовувати стерильну цитоплазму - це додатково дозволить контролювати чистоту лінії.

\*\*\* - самозапилення останнього покоління проводиться для отримання гомозиготи за геном Rf.



Під час беккросування гену RF до обраного генотипу, в нашому випадку сорту Айдар, кожного разу схрещування проводили із рецесивною гомозиготою rgrf. Тому, важливо у кожному поколінні контролювати наявність домінантного алелю гену RF. Для цього у нашій роботі використовували ПЛР-аналіз на наявність даного алелю. Для аналізу використовували набір олігонуклеотидних праймерів специфічних до фрагменту домінантного алелю гену RF (табл. 3.4.3).

Таблиця 3.4.3. Олігонуклеотидні праймери для виявлення домінантного алелю гену RF у ріпаку

Назва праймера	Послідовність	Температура відпаду	Довжина фрагменту, що ампліфікується
BnRFO-F2	GTG CAA TCA TTG ATA GCC TTT G	58	500 п.н.
BnRFO-R2	ATC CTG TTT CAG TCA TCT CAT GG	61	

Після останнього беккросу отриманий майже повний аналог сорту Айдар із геном RF у гетерозиготному стані. Для отримання стабільного відновника фертильності було проведено самозапилення отриманих рослин і проведено гомозиготацію за геном RF із використанням ПЛР-аналізу, результати якого було підтверджено шляхом зачилення чоловічостерильної лінії із подальшою оцінкою наступного покоління.

### 3.5. Розмноження виведених ліній в групових ізоляторах

Останнім етапом даної роботи стало розмноження отриманих в лабораторії ліній. Для первинного насінництва ріпаку у компанії ВНС використовують групові ізолятори, це дозволяє вирощувати декілька різних генотипів у безпосередній близькості один до одного без ризику взаємного перезапилення. Параметри ізоляторів: довжина – 30 м, ширина – 7 м, висота – 2,5 м. Ширина міжряддя – 70 см, що дозволяє вільно ходити

по посіву під час цвітіння для контролю сортової чистоти та стерильності в ізоляторах. Густина посіву до 500 тис/га. В разі вирощування стерильної лінії із закріпленням стерильності схема посіву – 1:1. Монтаж ізоляторів

проводили за тиждень до початку цвітіння ріпаку. Каркас із металевих труб та тросів накривали технічною сіткою діаметром 0,5 мм. Після

початку цвітіння і завершення контролю сортової чистоти і стерильності в ізолятор поміщали джмелів (*Bombus terrestris*) для запилення. За декілька років роботи із груповими ізоляторами джмелі проявили себе

набагато краще, ніж бджоли, в якості запилювачів. Під час цвітіння

контроль чистоти продовжується. Збирання урожаю з ізоляторів проводили вручну для запобігання механічному засміченню. В разі вирощування в одному ізоляторі стерильної лінії та лінії закріплювача

стерильності збирання кожної лінії проводили окремо. Для ярого ріпаку

один ізолятор за нормальних умов забезпечує урожайність до 15 кг насіння, що достатньо для закладання великих ділянок розмноження ліній, зазвичай для ріпаку до 1 га.

## ВИСНОВКИ

1. Оптимізовано методику прискореної селекції для ріпаку ярого, що дозволяє отримувати до 6 поколінь за один рік. У результаті проведених дослідів підібрано оптимальні умови вирощування рослин ріпаку ярого, а саме тривалість світлового дня – 22 години, об'єм тари для вирощування – 0,5 л, мінімально можливий період для досягання насіння із високою схожістю – 30 днів від запилення, відрацьовано методику проведення схрещувань в умовах лабораторії.

2. Проведено оцінку в польових умовах експериментальних гібридів, отриманих в лабораторії прискореної селекції. Відібрано кращі комбінації для створення материнських та батьківських компонентів гібридів ріпаку ярого. П'ять гібридів, які перевищили стандарт за урожайністю: Абіліті x Торас, Дублер x Айдар, Клеопатра x Успіх, Вніс 100 x Успіх, Westar x Regent

3. Застосовано оптимізовану методику для отримання батьківських компонентів гібридів. Протягом року було здійснено по 6 беккросів створення материнських та батьківських компонентів гібридів.

4. Оптимізовано дану методику також для озимого ріпаку. Оскільки озимий ріпак вимагає тривалого періоду яровизації було застосовано методику прискореної яровизації, що скоротило вегетаційний період рослин озимого ріпаку на один місяць.

5. Описаний в даній роботі досвід може і повинен бути використаний у селекційних установах задля успішного швидкого впровадження нових ознак в існуючі сорти, а також прискорення створення нових.

## СІЛСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Особливості генетичного різноманіття ріпаку. Журнал Агронаом.  
<https://www.agronom.com.ua/osoblyvosti-genetychnogo-riznomanittya-ripaku/>

2. Селекція і генетика ріпаку [https://agromage.com/stat\\_id.php?id=497](https://agromage.com/stat_id.php?id=497)

3. Ріпак  
<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D1%96%D0%BF%D0%B0%D0%BA>

4. Ріпак. Фармацевтична енциклопедія  
<https://www.pharmencyclopedia.com.ua/artiele/1422/ripak>

5. Основні аспекти селекції ріпаку у сьогоденні. Журнал Агробізнес сьогодні  
<http://agro-business.com.ua/ahramni-kultury/item/585-osnovni-aspekty-selektsii-ripaku-u-sohodenni.html>

6. Canada set to be the world's largest producer of rapeseed in 2023/24  
<https://www.ofimagazine.com/news/canada-set-to-be-the-worlds-largest-producer-of-rapeseed-in-2023-24>

7. Сайт Food and Agriculture Organization of the United Nations  
<https://www.fao.org/home/en>

8. Kumar, A., Sharma, P., Thomas, L., Agnihotri, A., & Banga, S. S. (2009). Canola cultivation in India: scenario and future strategy. 16th Australian research assembly on Brassicas. Ballarat, Victoria, 0-5.

9. Tian, Entang, Vicky Roslinsky, and Bifang Cheng. "Molecular marker-assisted breeding for improved Ogura cms restorer line (RfoRfo) and mapping of the restorer gene (Rfo) in Brassica juncea." *Molecular Breeding* 34 (2014): 1361-1371.

10. Hu, Xueyi, et al. "Mapping of the Ogura fertility restorer gene Rfo and development of Rfo allele-specific markers in canola (*Brassica napus* L.)." *Molecular breeding* 22 (2008): 663-674.

11. Heath, Douglas W., and Elizabeth D. Earle. "Synthesis of Ogura male sterile rapeseed (*Brassica napus* L.) with cold tolerance by protoplast fusion and effects of atrazine resistance on seed yield." *Plant cell reports* 15 (1996): 939-944.

12. Watson, Amy, et al. Speed breeding is a powerful tool to accelerate crop research and breeding. *Nature plants*, 2018, 4.1: 23-29.

13. Liu, H.; Zwer, P.; Wang, H.; Liu, C.; Lu, Z.; Wang, Y.; Yan, G. A fast generation cycling system for oat and triticale breeding. *Plant Breed.* 2016, 135, 574-579

14. Hickey, L.T.; Germán, S.E.; Pereyra, S.A.; Diaz, J.E.; Ziem, L.A.; Fowler, R.A.; Platz, G.J.; Franckowiak, J.D.; Dieters, M.J. Speed breeding for multiple disease resistance in barley. *Euphytica* 2017, 213, 64.

15. Mukade, K. New Procedures for Accelerating Generation Advancement in Wheat Breeding. *JARQ* 1974, 8, 1-5.

16. Pazos-Navarro, M.; Castello, M.; Bennett, R.G.; Nichols, P.; Croser, J. In vitro-assisted single-seed descent for breeding-cycle compression in subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.). *Crop Pasture Sci.* 2017, 68, 958.

17. Mobini, S.H.; Lulsdorf, M.; Warkentin, T.; Vandenberg, A. Plant growth regulators improve in vitro flowering and rapid generation advancement in lentil and faba bean. *Vitr. Cell. Dev. Biol.-Plant* 2014

18. Atieno, J.; Li, Y.; Langridge, P.; Dowling, K.; Brien, C.; Berger, B.; Varshney, R.; Sutton, T. Exploring genetic variation for salinity tolerance in chickpea using image-based phenotyping. *Sci Rep.* 2017, 7, 1300.

19. Ochatt, S.J.; Sangwan, R.S.; Marget, P.; Assoumou Ndong, Y.; Rancillac, M.; Perney, P. New Approaches towards the Shortening of Generation Cycles for Faster Breeding of Protein Legumes. *Plant Breed.* 2002, 121, 436–440.

20. Ribalta, F.M.; Pazos-Navarro, M.; Nelson, K.; Edwards, K.; Ross, J.J.; Bennett, R.; Munday, C.; Erskine, W.; Ochatt, S.J.; Croser, J. Precocious floral initiation and identification of exact timing of embryo physiological maturity facilitate germination of immature seeds to truncate the lifecycle of pea. *Plant Growth Regul.* 2017, 81, 345–353.

21. Mobini, S.H.; Warkentin, T.D. A simple and efficient method of in vivo rapid generation technology in pea (*Pisum sativum* L.). *Vitr. Cell. Dev. Biol.-Plant* 2016, 52, 530–536.

22. Samantara K. et al. Breeding more crops in less time: A perspective on speed breeding // *Biology*. 2022. Т. 11. №2. С. 275.

23. Омельчук С.В., Сидоров А.В., Парій М.Ф. Як отримати шість поколінь ріпаку за рік? (How to get six generations of rape in a year?). X Міжнародна наукова конференція «Селекційно-генетична наука і освіта» (Парієві читання). 2021. С. 175-176.

24. Омельчук С.В., Ковалишина Г.М. Стан ринку насіння ріпаку ярого в Україні. (State of the rapeseed market in Ukraine). X Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених і спеціалістів «Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур». 2022. С. 80-81.

25. Омельчук С.В., Сидоров А.В., Ковалишина Г.М. Оптимізація умов вирощування ріпаку ярого для прискореного аналізу за морфологічними ознаками квіток нового вихідного матеріалу. (Optimization of spring rapeseed growing conditions for accelerated analysis based on morphological flower traits of new germplasm). V Міжнародна науково-практична конференція «Селекція – надбання, сучасність і майбутнє (освіта, наука, виробництво)» 2022. С.94.

26. Омельчук С.В., Сидоров А.В., Ковалишина Г.М., Парій М.Ф. Використання неярвизаційно-щепленого методу для прискорення ярвизації озимого ріпаку (Use of the non-vernalization-grafted method to accelerate the vernalization of winter rapeseed.). XII Міжнародна наукова конференція «Селекційно-генетична наука і освіта». 2023. С.180-181.

27. Омельчук С.В., Сидоров А.В., Ковалишина Г.М. Сучасні технології генетичного покращення сільськогосподарських культур (Modern technologies of genetic improvement of agricultural crops). Міжнародна науково-практична конференція «Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повосенної відбудови: виклики для України і світу». травень 2023.

## ДОДАТКИ

Додаток А. Урожайність експериментальних гібридів

Номер	Генотип	Урожай	% до стандарту	Значення стандарту
1	Добробут х Кобзар	2,22	117,07	1,90
2	Добробут х Кобзар	2,40	130,89	1,83
3	Добробут х Кобзар	2,00	127,63	1,57
4	Добробут х Regent	2,37	129,35	1,83
5	Добробут х Regent	2,26	123,50	1,83
6	Добробут х Regent	1,69	101,49	1,67
7	Добробут х Айдар	2,46	111,09	2,21
8	Добробут х Айдар	1,29	67,87	1,90
9	Добробут х Айдар	2,14	117,17	1,83
10	Абіліті х ВНІС 100	1,94	87,71	2,21
11	Абіліті х ВНІС 100	1,83	116,85	1,57
12	Абіліті х Успіх	1,80	98,56	1,83
13	Абіліті х ПР45Г04	1,89	85,63	2,21
14	Абіліті х ПР45Г04	2,02	96,46	2,09
15	Абіліті х ПР45Г04	1,38	88,07	1,57
16	Абіліті х Торас	1,89	130,30	1,45
17	Абіліті х Торас	2,26	102,47	2,21
18	Абіліті х Торас	2,28	136,48	1,67
19	Абіліті х Westar	1,22	64,36	1,89
20	Абіліті х Westar	0,68	83,32	0,82
21	Абіліті х Westar	0,82	99,50	0,82
22	Кобзар х	0,85	58,90	1,45
23	Кобзар х	2,25	101,96	2,21
24	Кобзар х	1,67	80,06	2,09
25	Кобзар х	0,99	58,98	1,67
26	Кобзар х	0,67	81,35	0,82
27	Кобзар х	1,97	240,01	0,82
28	Добробут х ВНІС 100	1,95	88,07	2,21
29	Добробут х ВНІС 100	1,99	104,52	1,90
30	Добробут х Успіх	1,81	82,11	2,21
31	Добробут х Успіх	1,59	95,43	1,67
32	Добробут х Regent	1,61	92,65	1,74
33	Добробут х Regent	1,97	104,24	1,89
34	Кюпрі КЛ	2,24	107,16	2,09
35	Кюпрі КЛ	1,91	114,84	1,67
36	Кюпрі КЛ	2,00	119,75	1,67



37	ВНС100	1,81	103,80	1,74
38	ВНС100	2,30	121,83	1,89
39	ВНС100	2,28	120,76	1,89
40	Айдар	2,62	137,97	1,90
41	Айдар	1,44	91,81	1,57
42	Айдар	1,31	78,57	1,67
43	Дублер х Абіліті	1,56	74,84	2,09
44	Дублер х Абіліті	1,85	88,51	2,09
45	Дублер х Абіліті	2,40	127,41	1,89
46	Дублер х Добробут	2,05	141,07	1,45
47	Дублер х Добробут	2,12	112,28	1,89
48	Дублер х Добробут	0,80	97,37	0,82
49	Дублер х Клеопатра	1,61	102,58	1,57
50	Дублер х Клеопатра	1,01	60,41	1,67
51	Дублер х Клеопатра	1,11	58,61	1,89
52	Дублер х ВНС 100	2,27	102,51	2,21
53	Дублер х ВНС 100	2,62	138,49	1,89
54	Дублер х ВНС 100	1,56	82,71	1,89
55	Дублер х Успіх	1,67	96,26	1,74
56	Дублер х Успіх	2,02	120,81	1,67
57	дублер х ПР45Г04	1,49	103,02	1,45
58	дублер х ПР45Г04	2,17	98,15	2,21
59	Дублер х Global	1,28	57,88	2,21
60	Дублер х Global	1,72	90,66	1,90
61	Дублер х Global	1,74	83,45	2,09
62	Дублер х Global	2,04	117,03	1,74
63	Дублер х Global	1,52	82,89	1,83
64	Дублер х Кобзар	0,74	90,64	0,82
65	Дублер х Айдар	2,23	117,81	1,89
66	Дублер х Айдар	2,33	123,37	1,89
67	Дублер х Regent	1,57	74,99	2,09
68	Клеопатра х Абіліті	1,08	56,96	1,90
69	Клеопатра х Абіліті	2,03	106,63	1,90
70	Клеопатра х Абіліті	1,52	96,62	1,57
71	Клеопатра х Абіліті	1,53	91,48	1,67
72	Клеопатра х Абіліті	1,36	72,07	1,89
73	клеопатра х ВНС 100	1,88	84,90	2,21
74	клеопатра х ВНС 100	1,85	106,57	1,74
75	клеопатра х ВНС 100	1,35	77,80	1,74

76	клеопатра х ВНС 100	2,10	114,72	1,83
77	клеопатра х ВНС 100	1,60	87,17	1,83
78	клеопатра х ВНС 100	1,98	126,24	1,57
79	Клеопатра х Успіх	2,32	104,77	2,21
80	Клеопатра х Успіх	1,84	105,61	1,74
81	клеопатра х ПР45Г04	1,46	65,96	2,21
82	клеопатра х ПР45Г04	1,75	91,98	1,90
83	клеопатра х ПР45Г04	1,84	97,01	1,90
84	клеопатра х ПР45Г04	4,63	221,51	2,09
85	Клеопатра х Global	2,00	90,41	2,21
86	Клеопатра х Global	2,00	95,60	2,09
87	Клеопатра х Topas	0,99	57,07	1,74
88	Клеопатра х Topas	1,20	65,51	1,83
89	Клеопатра х Westar	1,07	64,15	1,67
90	Клеопатра х Westar	0,96	50,56	1,89
91	ВНС 100 х Дублер	1,66	95,30	1,74
92	ВНС 100 х Дублер	0,95	115,90	0,82
93	ВНС 100 х Успіх	2,04	122,00	1,67
94	ВНС 100 х Успіх	2,23	117,90	1,89
95	ВНС 100 х ПР45Г04	1,65	114,08	1,45
96	ВНС 100 х ПР45Г04	2,10	100,24	2,09
97	ВНС 100 х Regent	1,07	73,89	1,45
98	ВНС 100 х Regent	1,62	77,29	2,09
99	Regent х Айдар	1,72	90,39	1,90
100	Regent х Айдар	1,63	89,17	1,83
101	ПР45Г04 х Кобзар	2,40	137,71	1,74
102	ПР45Г04 х Кобзар	2,43	139,54	1,74
103	ПР45Г04 х Кобзар	0,86	104,67	0,82
104	ПР45Г04 х Regent	1,94	133,93	1,45
105	ПР45Г04 х Regent	2,21	127,10	1,74
106	ПР45Г04 х Regent	2,12	115,85	1,83
107	ПР45Г04 х Айдар	1,19	81,95	1,45
108	ПР45Г04 х Айдар	2,48	118,54	2,09
109	ПР45Г04 х Айдар	1,69	89,58	1,89
110	Кюпрі КЛ х Кобзар	1,21	83,21	1,45
111	Кюпрі КЛ х Кобзар	2,00	105,81	1,89

112	Кюppi КЛ x Кобзар	1,88	99,22	1,89
113	Кюppi КЛ x Regent	1,86	107,03	1,74
114	Кюppi КЛ x Regent	1,55	92,53	1,67
115	Кюppi КЛ x Regent	1,96	103,81	1,89
116	Кюppi КЛ x Айдар	3,16	143,03	2,21
117	Кюppi КЛ x Айдар	2,64	139,01	1,90
118	Кюppi КЛ x Айдар	2,47	118,06	2,09
119	ПР45Г04 x	1,21	83,38	1,45
120	ПР45Г04 x	1,18	81,19	1,45
121	ПР45Г04 x	2,24	107,27	2,09
122	ПР45Г04 x	1,12	77,30	1,45
123	ПР45Г04 x	1,54	88,59	1,74
124	ПР45Г04 x	0,67	82,01	0,82
125	ПР45Г04 x	1,23	84,64	1,45
126	ПР45Г04 x	1,94	92,94	2,09
127	ПР45Г04 x	1,90	121,19	1,57
128	ПР45Г04 x	2,26	102,14	2,21
129	ПР45Г04 x	1,68	107,09	1,57
130	ПР45Г04 x	0,78	94,93	0,82
131	Успix x ПР45Г04	0,82	56,66	1,45
132	Успix x ПР45Г04	1,69	101,49	1,67
133	Успix x Westar	1,69	116,28	1,45
134	Успix x Westar	1,06	73,07	1,45
135	ПР45Г04 x Regent	0,48	58,60	0,82
136	ВНІС 100 x Кобзар	2,70	186,27	1,45
137	ВНІС 100 x Кобзар	1,71	108,94	1,57
138	ВНІС 100 x Кобзар	1,98	104,87	1,89
139	ВНІС 100 x Regent	2,09	110,08	1,90
140	ВНІС 100 x Regent	1,46	76,61	1,90
141	ВНІС 100 x Regent	1,95	116,55	1,67
142	ВНІС 100 x Айдар	2,52	114,03	2,21
143	ВНІС 100 x Айдар	2,69	121,72	2,21
144	ВНІС 100 x Айдар	2,10	114,87	1,83
145	ВНІС 100 x Айдар	1,77	106,16	1,67
146	ВНІС 100 x Айдар	0,96	117,00	0,82
147	ВНІС 100 x Айдар	0,94	114,38	0,82
148	Global x ВНІС 100	2,53	114,26	2,21
149	Global x ВНІС 100	1,84	100,57	1,83
150	Global x ПР45Г04	2,30	120,88	1,90
151	Global x ПР45Г04	1,72	98,75	1,74
152	Global x ПР45Г04	1,63	97,61	1,67
153	hc2960fc St x Кобзар	2,17	118,41	1,83
154	hc2960fc St x Кобзар	1,70	108,35	1,57

155	hc2960fc St x Кобзар	0,50	60,37	0,82
156	hc2960fc St x Regent	2,64	119,34	2,21
157	hc2960fc St x Regent	2,67	140,72	1,90
158	hc2960fc St x Regent	2,27	108,84	2,09
159	hc2960fc St x Айдар	2,74	123,90	2,21
160	hc2960fc St x Айдар	1,63	93,88	1,74
161	hc2960fc St x Айдар	0,96	61,11	1,57
162	Кобзар x ВНІС 100	1,28	73,59	1,74
163	Кобзар x ВНІС 100	2,41	153,70	1,57
164	Кобзар x Успіх	1,46	93,06	1,57
165	Кобзар x Успіх	0,87	106,14	0,82
166	Кобзар x Global	1,42	74,81	1,90
167	Кобзар x Global	0,37	45,18	0,82
168	Кобзар x Topas	1,06	60,70	1,74
169	Кобзар x Topas	0,82	44,58	1,83
170	Кобзар x Westar	0,53	65,00	0,82
171	Кобзар x Westar	0,74	90,37	0,82
172	Topas x Добробут	1,31	83,22	1,57
173	Topas x Добробут	1,06	67,69	1,57
174	Topas x ВНІС 100	2,11	121,11	1,74
175	Topas x ВНІС 100	1,89	103,25	1,83
176	Topas x ВНІС 100	1,50	95,25	1,57
177	Topas x ВНІС 100	1,22	72,76	1,67
178	Topas x Успіх	1,49	78,32	1,90
179	Topas x ПР45Г04	1,44	78,90	1,83
180	Topas x ПР45Г04	1,14	139,06	0,82
181	Topas x Regent	1,21	83,21	1,45
182	Westar x Добробут	1,58	83,64	1,89
183	Westar x ВНІС 100	1,99	137,36	1,45
184	Westar x ВНІС 100	1,49	71,34	2,09
185	Westar x ВНІС 100	1,96	93,59	2,09
186	Westar x ВНІС 100	0,78	49,58	1,57
187	Westar x ВНІС 100	2,32	138,77	1,67
188	Westar x ПР45Г04	1,90	90,95	2,09
189	Westar x ПР45Г04	1,56	85,08	1,83
190	Westar x Global	0,77	94,08	0,82
191	Westar x Global	0,92	111,75	0,82
192	Westar x Regent	1,87	112,01	1,67

НУБІП України