

РЕЦЕНЗІЯ

професора кафедри рослинництва
Національного університету біоресурсів і природокористування України,
доктора сільськогосподарських наук, професора **НОВИЦЬКОЇ Наталії Валеріївни**
на дисертацію **РАКОВА Андрія Юрійовича** на тему:
**«Селекційна цінність колекційних зразків як батьківських компонентів
гетерозисних гібридів пшениці м'якої озимої»,**
подану на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 201 «Агрономія»
галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство»

Обґрунтування вибору теми дослідження. Впровадження сучасних технологій у сільське господарство вимагає постійного підвищення врожайності культур. Створення гетерозисних гібридів є основним інструментом для досягнення цієї мети. Актуальність комплексної оцінки колекційних зразків як батьківських компонентів полягає в тому, що пошук нових батьківських форм у колекціях дозволяє уникнути звуження генетичної бази сучасних гібридів. Комплексна оцінка дозволяє відібрати саме ті зразки, які забезпечать максимальний ефект гетерозису за врожайністю та якістю. Високий рівень екструзії (викидання) пиляків як ключовий показник для батьківських компонентів (особливо чоловічих) гарантує успішне перехресне запилення та високу зав'язуваність насіння на ділянках гібридизації, водночас якісне природне запилення виключає потребу в додаткових технологічних заходах, що здешевлює виробництво гібридного насіння. Оцінка морфобіології батьківських компонентів гетерозисних гібридів пшениці м'якої озимої дозволяє підібрати батьківські пари з однаковими або чітко прогнозованими термінами цвітіння, окрім того морфологічні ознаки (архітектоніка рослини, міцність стебла) визначають стійкість майбутнього гібрида до вилягання, посухи та хвороб. Визначення загальної (ЗКЗ) та специфічної (СКЗ) комбінаційної здатності дозволяє відкинути неперспективні генотипи на ранніх етапах, що сприяє скороченню селекційного процесу і селекціонер отримує точну карту сумісності ліній, що економить роки польових випробувань та ресурси.

Попри наявний науковий доробок у напрямі створення вітчизняних конкурентоспроможних гібридів, питання визначення селекційної цінності колекційних зразків пшениці м'якої озимої як батьківських компонентів при створенні гетерозисних гібридів на основі комплексної оцінки морфо-біологічних ознак, інтенсивності викидання пиляків, комбінаційної здатності та обґрунтування ефективних підходів до їх використання у селекційному процесі потребує подальшого поглиблення. У цьому аспекті дисертація А. Ю. Ракова є актуальною, має чітко виражену прикладну спрямованість і становить інтерес як для науки, так і для практичного селекційного процесу.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення. У дисертації А. Ю. Ракова узагальнено результати досліджень за 2022–2025 рр. щодо подолання комплексної оцінки колекційних зразків пшениці м'якої озимої, виявлення найперспективніших батьківських компонентів для гетерозисної селекції та розроблення науково обґрунтованих підходів до їх використання в умовах України, що створить передумови для створення вітчизняних конкурентоспроможних гібридів. Дослідження є цілісним, логічно структурованим і науково завершеним, у якому послідовно реалізовано взаємозв'язок між актуальністю проблеми, сформульованою метою та завданнями, методичним забезпеченням і отриманими результатами. Зміст роботи відзначається комплексністю підходу: автор поєднав оцінювання мінливості морфо-біологічних і господарсько-цінних ознак колекційних зразків пшениці м'якої озимої в умовах Правобережного Лісостепу України із встановленням закономірності прояву інтенсивності викидання пиляків у колекційних зразків пшениці м'якої озимої та оцінити можливість використання цієї ознаки як критерію попереднього добору батьківських компонентів; обґрунтував доцільність використання кластерного аналізу для формування груп генетично віддалених колекційних зразків з метою підвищення ефективності добору батьківських пулів у гетерозисній селекції; оцінив загальну та специфічну комбінаційну здатність відібраних колекційних зразків за основними господарсько-цінними ознаками та встановив взаємозв'язок між показниками комбінаційної здатності батьківських форм і рівнем прояву гетерозису в гібридних комбінаціях пшениці м'якої озимої, що дозволило виділити перспективні колекційні зразки та гібридні комбінації для подальшого використання в селекційних програмах зі створення гібридів пшениці м'якої озимої. Важливою перевагою є прикладна спрямованість роботи: поряд із науковими закономірностями розроблено моделі материнських і батьківських форм пшениці м'якої озимої, оптимізовані для створення гетерозисних гібридів F_1 , шляхом визначення основних морфо-біологічних ознак, комбінаційної здатності та синхронності цвітіння.

Дисертація оформлена відповідно до прийнятих вимог, містить необхідний довідково-ілюстративний матеріал (таблиці, рисунки, додатки), а структура подання результатів загалом забезпечує зрозумілий аналіз експериментальних даних та відтворюваність виконаних досліджень. Загалом дисертація справляє позитивне враження як завершена кваліфікаційна наукова праця, що має наукову новизну, практичну значущість і відповідає тематичному полю спеціальності 201 «Агрономія».

Дисертація викладена на 197 сторінках, містить 42 таблиці, 23 рисунки. Робота складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, рекомендацій та додатків.

У першому розділі *«Гетерозисна селекція пшениці м'якої озимої: сучасний стан та перспективи»* здійснено комплексний аналіз сучасного стану гетерозисної селекції

пшениці м'якої озимої та встановлено, що цей напрям еволюціонував від теоретичної концепції до практично реалізованої та інтенсивно розвиненої складової селекції. Встановлено, що, незважаючи на значний потенціал, гетерозисна селекція пшениці супроводжується рядом обмежень, серед яких висока вартість гібридного насіння, складність технологій його виробництва та необхідність високого рівня агрономічного супроводу. Детально висвітлено сучасні системи гібридизації та технології отримання гібридного насіння пшениці, включаючи цитоплазматичну чоловічу стерильність (ЦЧС), хімічну кастрацію (СНА) та альтернативні системи. Проаналізовано світові досягнення та перспективи гетерозисної селекції пшениці м'якої озимої, а також сучасний стан впровадження гібридів в Україні.

У другому розділі «*Матеріали, методики та умови проведення досліджень*» наведено характеристику ґрунтово-кліматичних умов місця проведення досліджень (ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція»). Представлено матеріал досліджень – 92 колекційні зразки пшениці м'якої озимої різного еколого-географічного походження. Описано схему досліджень, яка включала попередню оцінку колекції, відбір 11 перспективних зразків, формування на їх основі материнського та батьківського пулу і створення експериментальних гібридних комбінацій F₁ методом топкросів. Детально описано методики польових і лабораторних досліджень, включаючи VAEX-метод оцінки екструзії пиляків, фітопатологічну оцінку, визначення елементів структури врожаю та якості зерна, а також методи математико-статистичного аналізу (кореляційний, регресійний, кластерний, дисперсійний, аналіз комбінаційної здатності).

Методична частина розділу відзначається ґрунтовністю та логічною структурованістю. Описані шкали оцінки стійкості зразків пшениці проти збудників септоріозу *Septoria tritici* Rob.et Desm та *Erysiphe graminis*., шкали оцінки стійкості злакових культур за ступенем ураження листя борошнистою росою, септоріозами та іншими плямистостями. Наведено застосовані методики, стандарти й статистичні підходи до обробки результатів.

У третьому розділі «*Аналіз селекційно-цінних ознак та генетичної структури колекційних зразків пшениці м'якої озимої*» автором всебічно проаналізовано результати аналізу селекційно-цінних ознак 92 колекційних зразків. Встановлено мінливість за інтенсивністю екструзії пиляків (від 3 до 9 балів). Виділено зразки з максимальним та стабільним проявом цієї ознаки. Проведено детальний морфо-біологічний аналіз 11 відібраних генотипів, що дозволило диференціювати їх за висотою рослин, термінами колосіння, стійкістю проти хвороб, елементами структури врожаю та якістю зерна. За результатами кластерного аналізу за сукупністю ознак досліджувані генотипи розподілено на три групи, кожна з яких має чітко виражений селекційний профіль,

що закладає основу для формування батьківських пулів. За використання кореляційно-регресійного аналізу виявлено статистично значущі обернені зв'язки між інтенсивністю екструзії пиляків та довжиною колоса, кількістю колосків і зерен у колосі, що свідчить про морфо-фізіологічну компенсацію між здатністю до перехресного запилення та елементами продуктивності колоса.

Проведений здобувачем кореляційний аналіз виявив статистично значущі взаємозв'язки між інтенсивністю викидання пиляків та окремими морфологічними ознаками. Встановлено обернений зв'язок цієї ознаки з довжиною колоса, кількістю колосків і зерен у колосі, що свідчить про певну морфо-фізіологічну компенсацію між ефективністю перехресного запилення та окремими елементами структури врожаю. За результатами кластерного аналізу досліджувані генотипи згруповано у три основні кластерні групи, які відрізняються селекційним профілем: високопродуктивні форми (Achim, Mescal, Ювілейна Патона); ранньостиглі низькорослі генотипи з високою екструзією пиляків (Altigo, Соборна, Тайра); а також генотипи з підвищеними показниками якості зерна та адаптивності (Зореслава, Urbanus, Київська 17).

У четвертому розділі *«Прояв гетерозису та комбінаційна здатність батьківських компонентів гібридів пшениці озимої за господарсько-цінними ознаками»* представлено результати оцінки прояву гетерозису та комбінаційної здатності у 25 експериментальних гібридів F₁. Встановлено варіабельність прояву істинного гетерозису залежно від комбінації схрещування. Найвищі значення істинного гетерозису за врожайністю зафіксовано у комбінаціях Метелиця Харківська/Mescal (71,7 %), Зореслава/Mescal (66,2 %), Тайра/Mescal (54,6 %) та Соборна/Mescal (49,5 %), що ідентифікує сорт Mescal як цінний компонент для підвищення продуктивності. За якісними ознаками позитивний гетерозис проявили гібриди за участю лінії Altigo, особливо Altigo/Urbanus (ГІ 11,1 % за вмістом білка та 7,2 % за вмістом клейковини). Проведено оцінку загальної (ЗКЗ) та специфічної (СКЗ) комбінаційної здатності батьківських компонентів. Високі значення ЗКЗ за врожайністю мають Mescal (+1,47), Метелиця Харківська (+1,11) та Зореслава (+0,91). Донорами високої якості зерна визначено Altigo та Urbanus. За стійкістю проти хвороб найвищі ефекти ЗКЗ проявили Соборна та Київська 17 (септоріоз), Mescal, Ювілейна Патона та Altigo (борошниста роса). Аналіз СКЗ виявив унікальні генетичні взаємодії, зокрема високі варіанси СКЗ за врожайністю у ліній Altigo (3,91) та Зореслава (1,96), а також у тестерів Mescal (2,77) та Лірика Білоцерківська (2,11).

Проведена здобувачем оцінка специфічної комбінаційної здатності дозволила виявити значний вплив конкретних генетичних поєднань на формування елементів структури врожаю та врожайності. Найвищі варіанси СКЗ встановлено у ліній Метелиця Харківська та Зореслава і тестерів Mescal, Urbanus та Київська 17. За показниками якості зерна найбільш

виражену специфічну комбінаційну здатність проявили комбінації за участю лінії Altigo (за вмістом білка) та ліній Соборна і Тайра (за вмістом сирої клейковини) у поєднанні з тестерами Urbanus та Лірика Білоцерківська. Виділено перспективні гібридні комбінації для подальшого використання у селекційній роботі: Зореслава/Mescal – за комплексом ознак продуктивності, Метелиця Харківська/Mescal – за врожайністю та кількістю зерен у колосі, Altigo/Urbano – за показниками якості зерна.

У п'ятому розділі «Конкурсний гетерозис у створених гібридів F_1 пшениці озимої та характеристика виділених батьківських компонентів» досліджено прояв конкурсного гетерозису та надано комплексну характеристику перспективним гібридним комбінаціям. Найвищий конкурсний гетерозис за врожайністю забезпечили гібриди Зореслава/Mescal (+29,8 %, 12,4 т/га) та Метелиця Харківська/Mescal (+28,4 %, 12,3 т/га). Виділено гібриди з вираженими спеціалізованими властивостями: Тайра/Mescal (висока стійкість до борошнистої роси), Соборна/Mescal (виняткова стійкість до септоріозу), Altigo/Urbano (високий вміст білка та сирої клейковини), Зореслава/Ювілейна Патона та Тайра/Urbano (висока маса 1000 зерен). На основі комплексної оцінки сформовано науково обґрунтовану модель використання батьківських компонентів у гетерозисній селекції. До материнського пулу віднесено низькорослі, ранньостиглі форми з високою екструзією пиляків (Altigo, Зореслава, Метелиця Харківська, Соборна, Тайра). До чоловічого пулу – високорослі форми з пізнішим цвітінням та високими показниками структури врожаю (Achim, Mescal, Urbanus, Київська 17, Лірика Білоцерківська, Ювілейна Патона). Найперспективнішими батьківськими компонентами визначено Mescal, Зореслава (донори продуктивності) та Urbanus (донор якості зерна).

На основі комплексної оцінки морфо-біологічних властивостей та комбінаційної здатності здобувачем виділено найперспективніші материнські (Зореслава, Тайра, Метелиця Харківська) та чоловічі (Mescal, Urbanus, Ювілейна Патона) форми, які характеризуються високою ЗКЗ за врожайністю, оптимальною висотою рослин та достатнім рівнем екструзії пиляків, що є критичним для потенційного використання їх як батьківських компонентів у рамках гетерозисної селекції пшениці м'якої озимої. Здобувачем розроблено моделі материнських та чоловічих форм для гетерозисної селекції пшениці м'якої озимої, що забезпечують ефективну синхронізацію цвітіння та максимальну реалізацію генетичного потенціалу гібридів F_1 .

Висновки за результатами виконання дисертації підкреслюють наукову новизну та практичну цінність проведених досліджень.

Список використаних джерел свідчить про те, що під час роботи було проаналізовано сучасні результати наукових досліджень, він налічує 228 найменувань, з яких 34 латиницею.

У *додатках* подається повний обсяг експериментальних показників у вигляді таблиць, які не ввійшли в основний текст або як підтвердження графічних матеріалів, а також акт виробничої перевірки завершеної наукової розробки.

У цілому дисертація А. Ю. Ракова є завершеною науковою працею, а її оформлення відповідає встановленим вимогам МОН України.

Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків. Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані автором, є достатньо обґрунтованими й логічно впливають із результатів польових та лабораторних досліджень. Робота базується на адекватно підбраному методичному інструментарії: застосовано польовий – фенологічні спостереження, оцінка морфологічних ознак та елементів структури врожаю, проведення схрещувань; лабораторний – для визначення основних показників якості зерна в колекційних зразків, сортів та експериментальних гібридів; вимірювально-ваговий – для визначення біометричних параметрів рослин; математично-статистичні – для статистичної обробки експериментальних даних, у тому числі аналіз загальної та спеціальної комбінаційної здатності зразків.

Достовірність отриманих результатів забезпечується: результатами виконаних автором низки експериментальних досліджень; публікацією статей у провідних фахових виданнях України. Основні положення та результати дисертаційного дослідження доповідалися на: Міжнародній науково-практичній конференції «Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу» (м. Київ, 2023 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Післявоєнне відновлення ґрунтових і рослинних ресурсів та продовольча безпека країни» (м. Київ, 2024 р.); Міжнародній науковій конференції «Освіта і наука в умовах викликів і загроз. Внесок молодих вчених в сталий розвиток» (м. Київ, 2024 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Продовольча безпека України. Збереження та відновлення ґрунтових і рослинних ресурсів» (м. Київ, 2025 р.); Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Теоретичні засади інноваційного розвитку рослинництва» (м. Харків, 2025 р.).

Повнота викладення матеріалів дослідження в опублікованих працях. За темою дисертації опубліковано 8 наукових праць, з яких стаття у періодичному науковому виданні, проіндексованому у міжнародній наукометричній базі даних Scopus, 2 статті у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України, 5 тез наукових доповідей.

Значення одержаних результатів для науки й практики та рекомендацій щодо їх можливого використання. Всі отримані автором результати є новими, достовірними та належно обґрунтованими. Наукова значимість дисертації не викликає сумніву, оскільки здобувачем уперше в умовах Правобережному Лісостепу проведено комплексну оцінку

92 колекційних зразків пшениці м'якої озимої за інтенсивністю екструзії пиляків із використанням VAEX-методу; виділено 10 зразків, які характеризуються високим і стабільним рівнем екструзії пиляків та є перспективними батьківськими компонентами за ознаками, важливими для перехресного запилення; на основі кластерного аналізу 11 відібраних генотипів за сукупністю морфо-біологічних і господарсько-цінних ознак обґрунтовано їх розподіл на три групи з різним селекційним профілем (високопродуктивні форми, ранньостиглі низькорослі зразки з високою екструзією пиляків, генотипи з підвищеними показниками якості зерна та здатністю до перехресного запилення), що створило наукову основу для формування материнського та батьківського пулів у рамках гетерозисної селекції; створено 25 експериментальних гібридів F₁ пшениці м'якої озимої та проведено оцінку їхньої загальної і специфічної комбінаційної здатності, що дозволило ідентифікувати цінні донори основних господарсько-цінних ознак.

Здобувачем удосконалено: підхід до добору батьківських компонентів для гетерозисної селекції пшениці м'якої озимої, який поєднує оцінку колекційних зразків за інтенсивністю екструзії пиляків, кластерний аналіз за комплексом морфо-біологічних ознак та визначення загальної і специфічної комбінаційної здатності, що дозволяє підвищити ефективність селекційного процесу. Набуло подальшого розвитку: оцінка морфо-біологічних показників перспективних генотипів пшениці м'якої озимої за системою критеріїв, що є визначальними для формування материнського та батьківського пулів у селекції на гетерозис; визначення загальної та специфічної комбінаційної здатності батьківських компонентів за основними господарсько-цінними ознаками, що дозволило ідентифікувати перспективні гібридні комбінації для створення високопродуктивних гетерозисних гібридів пшениці м'якої озимої з покращеними показниками якості зерна та стійкості проти збудників листових хвороб; обґрунтування перспективності використання виділених материнських компонентів як вихідного матеріалу для подальшого переведення на систему цитоплазматичної чоловічої стерильності.

Практичне значення роботи підтверджене впровадженням результатів досліджень у виробничих умовах, одержаних результатів, полягає у виділенні перспективних батьківських форм та гібридних комбінацій, які можуть бути використані у селекційній практиці для створення нових конкурентоспроможних сортів і гібридів пшениці м'якої озимої з високим рівнем врожайності та якості зерна.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності. Дисертація є самостійно написаною кваліфікаційною науковою працею із науково-обґрунтованими висновками та рекомендаціями, які подано автором для публічного захисту. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела. У роботі відсутнє привласнення чужих ідей, результатів або слів без оформлення належного

цитування. Таким чином, у дисертаційному дослідженні А. Ю. Ракова відсутні порушення академічної доброчесності.

Дискусійні положення та зауваження щодо дисертації. Дисертація А. Ю. Ракова як будь-яка творча наукова праця, не позбавлена недоліків, які можуть слугувати підґрунтям для наукової дискусії та вдосконалення:

1. У підрозділі 2.1 наведено опис використання схеми топкросних схрещувань, однак доцільно було б чіткіше обґрунтувати вибір саме цього методу для оцінки комбінаційної здатності. Зокрема, варто пояснити переваги топкросної схеми (5 материнських × 6 батьківських компонентів) порівняно з повною діалельною схемою або іншими методами генетичного аналізу.

2. Автором встановлено достовірні обернені кореляційні зв'язки між екструзією пиляків та окремими елементами структури врожайності (довжиною колоса, кількістю колосків і зерен в колосі). Водночас наведені результати потребували б глибшого фізіолого-генетичного обговорення щодо можливих механізмів формування таких взаємозв'язків, зокрема явищ ресурсної конкуренції чи генетичної компенсації.

3. У підрозділі 2.2 детально охарактеризовано погодні умови років досліджень, однак отримані результати могли б бути більш переконливими за умови проведення аналізу взаємодії «генотип × середовище» (G×E). Такий підхід дозволив би оцінити стабільність прояву гетерозисного ефекту та адаптивність виділених гібридних комбінацій у різних умовах вирощування.

4. На с. 36 рисунок 1.1 має назву «Структура квітки та колоса пшениці», однак фактично ілюструє будову колоска та окремої квітки, без відображення морфології колоса в цілому. У зв'язку з цим назву рисунка доцільно привести у відповідність до його змісту.

5. На с. 67 назва таблиці 2.4 подана 12 розміром шрифту, доцільно було б подати 14.

6. По тексту дисертації при цитуванні кількох джерел одночасно вони розділяються круглими дужками. Бажано було б дотримуватися вимог національного стандарту ДСТУ 8302:2015, за якого при цитуванні кількох джерел усі номери джерел зазначаються в одних квадратних дужках і розділяються крапкою з комою, або міжнародних стилів (APA, Harvard, IEEE), за якими джерела літератури перераховуються в одних круглих дужках в алфавітному порядку за прізвищем першого автора і теж розділяються крапкою з комою.

7. У таблиці 3.1 та додатку А наведено назви сортів, установи-оригінатори та роки державної реєстрації, проте для селекційно-генетичного аналізу було б доцільно доповнити характеристику вихідного матеріалу відомостями про країну походження та, за можливості, генеалогію (родовід) досліджуваних форм, що сприяло б глибшому обґрунтуванню отриманих результатів.

8. У роботі трапляються поодинокі невдалі вирази, граматичні та орфографічні помилки, однак вони не мають системного характеру й не знижують наукової цінності роботи.

Вказані зауваження суттєво не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації. Отримані здобувачем результати досліджень і висновки є обґрунтованими, мають високий рівень наукової новизни і практичну цінність.

Висновок щодо відповідності дисертації встановленим нормам. Вважаю, що дисертація на тему: «Селекційна цінність колекційних зразків як батьківських компонентів гетерозисних гібридів пшениці м'якої озимої» за актуальністю, ступенем новизни та практичним значенням представлених результатів, їх обґрунтованості, повноти викладення в опублікованих наукових працях відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» і Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року, а її автор Раков Андрій Юрійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії зі спеціальності 201 «Агрономія» галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство».

Рецензент професор кафедри рослинництва Національного університету біоресурсів і природокористування України, доктор сільськогосподарських наук, професор Наталія НОВИЦЬКА