

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Фаніна Ярослава Сергійовича** на тему «Селекційно-генетичні аспекти формування та покращення біохімічних показників якості зерна озимої м'якої пшениці *Triticum aestivum* L.», подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 – Агронімія, галузь знань 20 – Аграрні науки та продовольство

Обґрунтування вибору теми дослідження. Проблема збільшення валового збору зерна і підвищення його якості завжди була й залишається актуальною і має надзвичайне господарське та наукове значення. Два основних напрями вирішення цієї проблеми – підвищення агротехнічного рівня вирощування продукції та селекційно-генетичне удосконалення сортів. Ефективність першого напрямку можна значно підвищити вирощуванням генетично високопродуктивних сортів з високими показниками якості зерна, основними з яких є рівень білка та інших біохімічних компонентів. Із наукової літератури відомо багато досліджень з пошуку і створення нових ефективних генетичних джерел високої білковості. Проте досягнуті результати часто мали фрагментарний характер, а створені сорти з підвищеним вмістом білка були переважно вузько локалізовані. Основна причина такого стану – це негативний зв'язок між продуктивністю сорту і вмісту білка у його зерні, як і відсутність ефективних генетичних донорів бажаних ознак. У зв'язку з цим актуальним є створення високобілкових генотипів за допомогою віддалених схрещувань з *Aegilops tauschii* та інтрогресії гена *GPC-B1* від *Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides* у місцевий генофонд з подальшим залученням новоствореного вихідного матеріалу до селекційних програм.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Наукові дослідження за темою дисертації є складовою частиною тематичного плану Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення і були виконані у відділі селекції та насінництва пшениці і лабораторії біохімії рослин впродовж 2019-2023 років згідно завдань наукових галузевих програм, зокрема в межах ПНД НААН 13 на 2016-2020 рр. «Селекція зернових і зернобобових культур» за завданням 13.00.01.01.Ф «Вивчити закономірності комбінування різних генетичних систем стійкості до біотичних і абіотичних факторів та створити сорти пшениці м'якої озимої універсального типу з потенціалом врожайності 10,5-12,5 т/га, сильні та екстрасильні за якістю зерна для умов степу України», ПНД НААН № 13 на 2021-2025 рр. «Зернові, круп'яні, зернобобові культури» за завданням 13.00.02.01.Ф «Дослідження донорських

властивостей нових генетичних джерел продуктивності, якості зерна та стійкості при внутрішньовидовій гібридизації пшениці м'якої озимої і на цій основі створення сортів екстрасильних за якістю зерна та адаптованих до змін клімату в Степу України» та за завданням 13.00.01.02.Ф «Дослідження фізіолого-біохімічних та генетичних критеріїв, що визначають якість зерна зернових і зернобобових культур, для добору генотипів харчового та кормового напрямів» (номер державної реєстрації 0121U107975).

Метою дослідження було здійснити методологічне обґрунтування та реалізацію цілеспрямованої програми селекції пшениці озимої м'якої на підвищення вмісту білка та поліпшення інших біохімічних показників у зерні на базі нового генетичного матеріалу.

Для досягнення поставленої мети було проведено ретроспективний аналіз стану сучасних селекційних досягнень за біохімічними показниками якості зерна, здійснено дослідження та селекційна оцінка колекції інтрогресивних ліній з генами від *Aegilops tauschii* та ліній з геном *GPC-B1* за головними показниками продуктивності та біохімічної якості зерна, досліджено формування вмісту білка в зерні цих ліній шляхом порівняльного вивчення особливостей накопичення та реутилізації азоту з вегетативних органів рослин озимої пшениці в процесі онтогенезу в порівнянні з іншими генами, розроблено прийоми введення гена *GPC-B1* та іншого інтрогресивного матеріалу в місцевий генофонд озимої м'якої пшениці та визначено ефективні методи селекції на підвищення вмісту білка та інших господарсько цінних ознак.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Результати досліджень, висновки і пропозиції для практичної селекції і виробництва обґрунтовані даними, що отримані на основі чотирирічних польових та лабораторних дослідів і статистичних розрахунків. Результати досліджень опрацьовані з використанням наукових методів та сучасних, загальноприйнятих методик, перелік яких зазначений у дисертаційній роботі. Отримані результати опрацьовані з використанням методів описової статистики та дисперсійного аналізу і є достовірними. Висновки та рекомендації виробництву сформульовані коректно, відповідно до одержаних результатів експериментальних досліджень автора.

Особистий внесок здобувача. Здобувачем особисто проаналізовано вітчизняну та іноземну наукову літературу за темою дисертаційної роботи, розроблено методичну частину дослідів, виконано польові та лабораторні дослідження, аналіз і узагальнення одержаної наукової інформації, статистичну обробку отриманих експериментальних даних, формулювання

висновків та рекомендацій виробництву, виконано виробничу перевірку впровадження наукових розробок. Отримані результати досліджень опубліковано в звітах та 14 наукових працях.

Наукова новизна одержаних результатів. За результатами досліджень *уперше* в Україні встановлено характер проявлення високої білковості зерна ліній з геном *GPC-B1* та генами від *Aegilops tauschii* у поєднанні з іншими господарсько цінними ознаками, в залежності від компонентів схрещувань, генерації добору та рівня азотного мінерального живлення. Розроблено теоретичні основи селекції озимої м'якої пшениці на підвищення вмісту білка в зерні на генетичній основі гена *GPC-B1* та генів від *A. tauschii*, що є теоретичною базою нової селекційної програми. Також уперше досліджені особливості накопичення та реутилізації азотовмісних речовин в онтогенезі у генетичних джерел підвищеної білковості з геном *GPC-B1* і генами від *A. tauschii* та вплив на ці процеси генетичних систем короткостебловості (*Rht8c*, *Rht-D1b*, *Rht-B1b*) та пшенично-житніх транслокацій (*AL/RS*, *-BL/RS*).

Удосконалені підходи для створення генотипів озимої м'якої пшениці, що поєднували підвищений вміст білка з іншими господарсько цінними ознаками. Відпрацьовано прийоми створення оригінального високобілкового вихідного матеріалу із залученням гена *GPC-B1* та генів від *A. tauschii*.

Набули подальшого розвитку:

–експериментальні положення щодо ролі гена *GPC-B1* та генів високої білковості від *A. tauschii* у формуванні біохімічних показників, насамперед вмісту білка в зерні, його фракційного складу, хлібопекарських властивостей;

–дослідження стану сучасної селекції озимої м'якої пшениці в Україні за біохімічними показниками якості зерна та елементами продуктивності за аналізу найбільш поширених сортів вітчизняної та зарубіжної селекції.

Практичне значення одержаних результатів. На основі чотирирічних досліджень виявлені особливості накопичення та реутилізації азотовмісних сполук і формування якості зерна у ліній-носіїв гена *GPC-B1*, які можуть слугувати надійною маркерною ознакою фенотипової ідентифікації зазначеного гена.

Шляхом схрещувань носіїв гена *GPC-B1* з місцевими сортами створено 27 селекційних ліній з підвищеною білковістю зерна (перевищення батьківських компонентів за цим показником на 1,5–2,0%) та відмінними хлібопекарськими властивостями. Ці оригінальні лінії рекомендується залучати у селекційний процес та для поліпшення біохімічних показників якості зерна.

В результаті молекулярно-генетичного аналізу дослідних ліній виділено 6 ліній з геном *GPC-B1*, які за вмістом білка стабільно переважали сорт-стандарт. Вони включені в програму подальшого вивчення, як майбутні кандидати в сорти.

Публікації результатів досліджень. За матеріалами дисертації опубліковано 14 наукових праць, зокрема чотири статті у фахових наукових виданнях України, одна стаття в іноземному виданні, включеному до міжнародних наукометричних баз даних, 9 тез доповідей у збірниках матеріалів науково-практичних конференцій.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Дисертаційна робота викладена на 227 сторінках комп'ютерного тексту і складається з анотації, вступу, п'яти розділів, які містять 50 таблиць (16 в дисертації, 34 в додатках) і 26 рисунків (21 в дисертації, 3 в додатках), висновків, рекомендацій для селекції та виробництва, списку використаної літератури та додатків. Список використаних літературних джерел налічує 186 найменувань, з яких 112 – латиницею.

У **вступі** дисертації науково обґрунтована актуальність, наукова новизна, практична цінність досліджень, зазначено зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; визначено мету, завдання, об'єкт, предмет і методи дослідження, вказані результати апробації, обсяг публікацій та задекларовано особистий внесок автора дисертації.

У **першому розділі «Сучасний стан та проблеми селекції озимої м'якої пшениці на підвищення вмісту білка та покращення інших біохімічних показників»** проведено аналіз наукових робіт вітчизняних та зарубіжних учених щодо проблем і методів селекції озимої м'якої пшениці на підвищення вмісту білка та покращення хлібопекарських якостей. Відмічається, що віддалена гібридизація є одним з найбільш економічно вигідних та ефективних методів досягнення генетичного різноманіття в генофонді пшениці, який дає змогу створити інтрогресивний матеріал для удосконалення пшениці за біохімічними показниками якості зерна. При цьому вказано, що *Aegilops* L., донор ключового D-геному культурної гексаплоїдної пшениці *T. aestivum* L., найкраще підходить для поліпшення якості зерна шляхом віддаленої гібридизації, а ген *GPC-B1* з геному *Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides* позитивно впливає на вміст білка і важливих мікроелементів (Fe, Mn і Zn) у зерні пшениці на різних генетичних фонах і за різних умов, а також на якість борошна для хлібопечення і виробництва макаронних виробів. Згідно з аналізом літературних джерел визначено питання, які потребують вирішення, та обґрунтована доцільність проведення наукових досліджень за темою дисертації.

У другому розділі «Матеріали, умови, методи і методики досліджень» проаналізовано ґрунтово-кліматичні умови зони проведення досліджень, охарактеризовано метеорологічні умови протягом років виконання роботи (2019–2023 рр.), визначено матеріал досліджень, описано основні методики, які використовували при проведенні польових та лабораторних дослідів, обліків та спостережень за рослинами. Програма та методики польових і лабораторних випробувань відповідають меті й основним завданням досліджень, дозволяють отримати достовірні дані та зробити висновки і рекомендації для селекційної практики та виробництва.

Третій розділ «Стан сучасної селекції за врожайністю та біохімічними показниками якості зерна у сортів вітчизняних і закордонних озимих м'яких пшениць» присвячений вивченню впливу таких факторів як генотип, агрокліматичні умови року вирощування, доза азотного живлення (N 60 і N 120) на формування елементів структури врожаю, вміст білка, рівень седиментації у сортів пшениці озимої, які були згруповані автором у чотири групи, а саме: сорти ранніх етапів селекції (сорти-стандарти), сорти селекції СГІ–НЦНС, української селекції та закордонні сорти. Отримані результати показали, що сорти груп української та іноземної селекції значно поступаються сортам селекції СГІ–НЦНС за продуктивністю та якістю зерна. У селекцію на поліпшення біохімічної якості зерна необхідно залучати сорти саме СГІ–НЦНС, які найбільш вигідно поєднують у собі як елементи продуктивності, так й біохімічні показники якості зерна. Однак, на основі отриманих результатів дослідження за елементами структури врожайності та якості зерна у сучасних сортів, які найбільш поширені в Україні, можна зробити висновок, що на фоні значних успіхів у селекції на збільшення продуктивності, за біохімічними показниками якості зерна ці сорти в кращому випадку знаходяться на рівні або поступаються сортам ранніх етапів селекції. Найбільш актуальним шляхом розв'язання цієї проблеми є селекційне поліпшення наявного генофонду із залученням нових генетичних джерел.

У четвертому розділі «Дослідження нових генетичних джерел високої білковості зерна від *Aegilops tauschii* та *Triticum dicoccoides*» досліджено врожайність, біохімічні та хлібопекарські показники інтрогресивних ліній з геном *GPC-B1* та з генами від *A. tauschii*. За результатами досліджень виявлено, що інтрогресивні лінії AIL96ф/18, E 1089-19, NIL4, Eг 9155 та Eг 9200 за роками і варіантами внесення добрив стабільно мали результат врожайності на рівні чи вище найбільш врожайних сортів-стандартів. Встановлено, що в оптимальні умови року ген *GPC-B1* не знижував врожайність. За середньоарифметичними показниками найбільш

високий вміст білка спостерігався у ліній з геном *GPC-B1*, але високобілкові лінії з геном *GPC-B1* і генами від *A. tauschii* мали однаковий вміст білка. Наявність гена *GPC-B1* в інтрогресивних лініях значно збільшувала рівень седиментації, суттєво підвищувала вміст мікроелементів, а саме, концентрацію заліза та марганцю у досліджених генотипах, істотно впливала на процеси як накопичення, так на реутилізації азотовмісних сполук. Тому ген *GPC-B1* можна розглядати не тільки як джерело високої білковості, а ще й як можливість поліпшення хлібопекарських показників. За результатами дослідження фракційного складу білка зерна генетичних джерел можна стверджувати, що лінії-носії гена *GPC-B1* та генів від *A. tauschii* мають позитивний вплив як на загальний вміст запасних білків, так і на співвідношення між фракціями білка зерна озимої м'якої пшениці.

У п'ятому розділі «Селекційні аспекти використання генів від *Aegilops tauschii* та гена *GPC-B1* в різних генетичних середовищах» автором встановлено, що використання розрідженого посіву (ширина міжряддя 30 см) у поєднанні з високим агрофоном азотних мінеральних добрив дає змогу ефективно виявляти генотипи з високим вмістом білка. Внаслідок аналізу і добору рекомбінантних ліній, починаючи з покоління F 3, в F 5 були отримані високобілкові лінії в кількості 27 шт., які проходять подальше вивчення на різних агрофонах як можливі кандидати для передання нового сорту до Державного сорто випробування. Вказано, що найбільшу врожайність мають гібридні комбінації від парних схрещувань із залученням гена *GPC-B1* а за рівнем білка в зерні найкращий результат був у гібридних комбінацій від складних схрещувань з *A. tauschii*.

Висновки і рекомендації виробництву відповідають змісту дисертації, одержаним експериментальним даним, меті та завданням дослідження; вони є логічними та обґрунтованими статистично достовірними даними.

Відсутність (наявність) порушень академічної доброчесності. Дисертація є самостійно написаною кваліфікаційною науковою працею з науково обґрунтованими висновками та рекомендаціями. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела. Під час вивчення матеріалів дисертації не було виявлено фабрикації та фальсифікації результатів дослідження. Таким чином, дисертаційна робота Фаніна Я.С. не містить порушень академічної доброчесності.

Окремі дискусійні питання і зауваження. Водночас, до дисертаційної роботи Фаніна Ярослава Сергійовича є наступні зауваження та побажання:

1. У Змісті відсутній підрозділ 1.1, пункт 2.1.1, та підпункти 2.3.1.1–2.3.1.4, які є у тексті дисертації. Недоцільно вжите слово «розділ» перед назвою підрозділів 1.2 і 1.4 (стор. 17).
2. В англійському тексті анотації на стор. 7-8 некоректно перекладені на англійську мову повна назва та аббревіатура СГІ–НЦНС.
3. У тексті дисертаційної роботи зустрічаються невдало сформульовані наукові терміни, наприклад «білковозбагачені гени» (стор. 61), «найвищий густіший стеблостій» (стор. 84), «небажано корелює» (стор. 100, 121), «найвищі високі показники» (стор. 116).
4. Зустрічається некоректне вживання термінів «об'єм» та «обсяг», наприклад, «обсяг зернівки» (стор. 41), «об'єм роботи» (стор. 49).
5. На сторінці 47 помилково вказано, що у культурної пшениці геноми А і В походять від диких дводольних рослин.
6. Деякі скорочення, що зустрічаються у тексті, не розшифровано у Переліку умовних скорочень (стор. 20), наприклад, т.п.н., сМ, D1C, LDN (стор. 50).
7. У таблиці 2.1 Розділу 2 доцільно було б вказати середні багаторічні значення для температури повітря і опадів.
8. На сторінці 70 вказано, що «...візуально оцінювали вилягання в балах...», тоді як із подальшого тексту випливає, що оцінювали грибкове ураження рослин.
9. У підрозділі 3.2 «Структура врожаю сортів української і закордонної селекції пшениці озимої залежно від фону походження та живлення» (стор. 81–87) для кращої інформативності доцільно було б додати таблицю з результатами кореляційного аналізу між показниками структури врожаю, так як з опису результатів дослідження видно, що такий аналіз був проведений.
10. На сторінці 86 вказано (з посиланням на таблицю А 3.1 Додатку), що серед сортів іноземної селекції не виявлено сортів з масою 1000 зерен більше 40 г, тоді як у вищевказаній таблиці наведено такі сорти, а саме, Ленокс, Турандот та Ортегус.
11. У таблицях А 7.1 – А 7.7 та Б 8.1 – Б 8.6 Додатків відсутні примітки відносно позначок «¹» щодо фактора впливу А, «*», «**», «***» щодо коефіцієнта F_{ϕ} . Також у тексті відсутні посилання на ці таблиці.
12. Числа у таблицях та підписах до рисунків доцільно писати в однаковому форматі (з однаковою кількістю знаків після коми).
13. У списку використаних джерел окремі із них (№№ 12, 46, 55, 58, 105, 106, 109, 110, 114, 121) оформлено не за вимогами.

14. В тексті дисертації подекуди зустрічаються орфографічні та технічні помилки редакційного характеру, невдалі звороти мови тощо.

Водночас ці побажання та дискусійні питання не є принциповими і не зменшують позитивної оцінки роботи, її наукової цінності, актуальності та практичного значення.

Загальний висновок. Дисертація Фаніна Ярослава Сергійовича на тему «Селекційно-генетичні аспекти формування та покращення біохімічних показників якості зерна озимої м'якої пшениці *Triticum aestivum* L.» є завершеним науковим дослідженням, виконаним самостійно на сучасному методологічному рівні. Зміст дисертації повністю розкриває тему, за якою виконувалася робота, відповідає меті й поставленим завданням. За змістом і оформленням дисертація відповідає Постанові Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 щодо здобуття ступеня доктора філософії та вимогам до оформлення дисертаційних робіт, затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» і може бути представлена до захисту в разовій спеціалізованій вченій раді, а її автор Фанін Ярослав Сергійович заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія» в галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство».

РЕЦЕНЗЕНТ:

Провідний науковий співробітник
відділу селекції, генетики та насінництва
бобових культур Селекційно-генетичного
інституту – Національного центру
насіннезнавства та сортовивчення
кандидат біологічних наук, с.н.с.

 Галина ЛАВРОВА

Підпис Галини ЛАВРОВОЇ засвідчую:
Вчений секретар
Селекційно-генетичного інституту –
Національного центру насіннезнавства
та сортовивчення,
кандидат с.-г. наук, с.н.с.



 Зоя ЩЕРБИНА