

ВІДГУК

Офіційного опонента на дисертацію **Фаніна Ярослава Сергійовича** «Селекційно-генетичні аспекти формування та покращення біохімічних показників якості зерна озимої м'якої пшениці *Triticum aestivum* L.», що подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 – Агронія (Аграрні науки та продовольство).

Актуальність теми дисертаційної роботи. Селекція є найдешевшим і найбільш результативнішим методом підвищення продуктивності сільськогосподарських культур та покращення їх якості. Пшениця є однією з найважливіших зернових культур у світі як з точки зору рівня продуктивності та широкого ареалу вирощування, так і споживчих якостей та можливостей переробки. Біохімічні показники якості характеризують харчову цінність зерна. Білок – одна з його складових. В останні роки середній вміст білка пшениці м'якої озимої складає 11–14 %, проте є непоодинокі випадки, коли він варіює в межах 8,0–9,5 %. Неприємним для селекціонерів фактом є негативна кореляція між ознаками продуктивності та вмістом білка в зерні. Встановити причину таких кореляцій і визначити шляхи їх розриву можна лише детальним генетичним дослідженням, яке дасть чітке уявлення про генетичну структуру цієї ознаки. Щодо відсутності ефективних генетичних донорів ознаки є певні перспективи зі створенням високобілкових генотипів від віддалених схрещувань з *Aegilops tauschii* та інтрогресії гена *GPC-B1* від *Triticum turgidum dicoccoides* у місцевий генофонд.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Наукові дослідження за темою дисертації є складовою частиною тематичного плану Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннізнавства 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 дисертаційної роботи 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.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій. Вперше в Україні встановлено характер проявлення високої білковості зерна ліній з геном *GPC-B1* та генами від *Aegilops tauschii* у поєднанні з іншими господарськи 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.

Досліджені особливості накопичення та реутилізації азотовмісних речовин в онтогенезі у генетичних джерелах 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*. Одержані результати можуть бути слугувати як надійною маркерною ознакою фенотипової ідентифікації зазначеного гена.

Дібрано 27 селекційних ліній, зерно яких характеризується підвищеною білковістю (перевищення батьківських компонентів за цим показником на 1,5–2,0%) та відмінними хлібопекарськими властивостями. Лінії створені на базі схрещувань носіїв гена *GPC-B1* з місцевими сортами які мають високі хлібопекарські властивості. Ці оригінальні лінії рекомендується залучати у селекційний процес та для поліпшення біохімічних показників якості зерна. Вони відповідають вимогам однорідності та стабільності за всіма селекційними ознаками.

В результаті молекулярно-генетичного аналізу дослідних ліній отримано 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.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є результатом самостійної науково-дослідницької праці здобувача. Самостійно розроблено робочу програму, виконано польові та лабораторні дослідження, здійснено літературний пошук і аналіз експериментального матеріалу. Автором проведено наукове обґрунтування та узагальнення одержаних даних, сформульовано

основні положення дисертаційної роботи, зроблено висновки, підготовлено і опубліковано за результатами досліджень наукові праці, звіти, розроблено рекомендації виробництву, виконано виробничу перевірку та забезпечено впровадження наукових розробок.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях. Дисертація є вагомою завершеною науковою працею, яку написано за матеріалами 5-річних досліджень. Усі її наукові положення викладено в 14 наукових працях, в тому числі: у фахових виданнях України – 4, в іноземних виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних – 1, матеріалах конференцій – 9.

Оцінка змісту дисертаційної роботи, її завершеність. Дисертаційна робота викладена на 224 сторінках комп'ютерного тексту, включає анотації, вступ, п'ять розділів, які містять 50 таблиць (16 в дисертації, 34 в додатках) і 26 рисунків (21 в дисертації, 3 в додатках), висновки, рекомендації для селекції та виробництва, список використаної літератури, додатки. Список використаних літературних джерел налічує 186 джерел, з яких 112 латиницею.

Анотація Фаніна Я.С. за своїм змістом повністю відповідає дисертації. У **вступі** розкрита актуальність теми дисертаційної роботи, її зв'язок з науковими програмами і планами, сформульовані мета і завдання досліджень, предмет і об'єкт, охарактеризовано методи досліджень, обґрунтовані наукова новизна та практичне значення одержаних результатів, зазначено особистий внесок здобувача, наведено результати апробації наукових досліджень.

У першому розділі «**Сучасний стан та проблеми селекції озимої м'якої пшениці на підвищення вмісту білка та покращення інших біохімічних показників**» (огляд наукової літератури) дисертант вивчив стан проблеми, за якою виконував роботу, і змістовно та науково висвітлив її. За результатами аналізу вітчизняної та зарубіжної літератури здобувачем обґрунтована необхідність проведення досліджень за темою дисертаційної роботи. Особливу увагу приділено узагальненню результатів роботи СГІ–НЦНС. Це дало можливість здобувачу обґрунтувати напрям експериментальних досліджень, їх мету й основні завдання.

У другому розділі «**Матеріали, умови, методи і методики досліджень**» представлено опис ґрунтово-кліматичних умов зони проведення досліджень, дається характеристика місця проведення досліджень. Проаналізовано умови вегетаційних періодів за 2019–2022 рр. досліджень, наводиться характеристика вихідного матеріалу, представленого 100 сортами пшениці м'якої озимої вітчизняної та зарубіжної селекції, а також інтрогресивними лініями. Детально описані методи та методики лабораторних та польових досліджень, які відповідають меті дисертаційної роботи та її завданням.

У третьому розділі «**Стан сучасної селекції за врожайністю та біохімічними показниками якості зерна у сортів вітчизняних і закордонних озимих м'яких пшениць**» наведено встановлені основні зміни, пов'язані з селекцією, що впливають на врожайність. Висота рослин у сучасних сортів значно зменшилася. У порівнянні з сортами ранніх етапів селекції вона

коливалася в межах 19,1-26,5%, що дозволило збільшити частку зерна у співвідношенні зерна до вегетативної маси з 32-40% у сортів ранніх етапів селекції до 42-48% у сучасних сортів. Маса зерна з колоса у сучасних сортів на 76-94% вища, ніж у сортів ранніх етапів селекції. Зростання маст 1000 зерен спостерігалось у сортів селекції СГІ-НЦНС та окремих сортів інших установ України. За показником густоти стеблостою значної різниці між сортами та групами сортів за походженням не виявлено.

Порівняльна характеристика вмісту білка у зерні сортів сучасної та ранньої селекції дала змогу виявити перевагу сортів ранніх етапів селекції за білковістю зерна у всіх варіантах фону живлення і за роками, яка склала від 10,4 до 14,8 % відносних величин. З отриманих результатів по вивченню рівня седиментації встановлено, що майже всі групи сортів поступалися сортам ранніх етапів селекції.

Отримані результати показали, що в умовах проведення дослідів сорти української та іноземної селекції значно поступаються місцевим сортам (СГІ-НЦНС) за продуктивністю та якістю зерна.

На основі отриманих результатів дослідження за елементами структури врожайності та якості зерна у сучасних сортів, які найбільш поширені в Україні, зроблено висновок, що на фоні значних успіхів у селекції на збільшення продуктивності, за біохімічними показниками якості зерна сучасні сорти в кращому випадку знаходяться на рівні або поступаються сортам ранніх етапів селекції.

У четвертому розділі «Дослідження нових генетичних джерел високої білковості зерна від *Aegilops tauschii* та *Triticum dicoccoides*» наведено врожайність інтрогресивних ліній з геном GPC-B1 та з генами від *A. tauschi*, які поступалися на 14,5-18,1 % таким високоінтенсивним сортам, як Куяльник та Щедрість одеська, але переважали чи мали однакову врожайність з сортами Колонія, Годувальниця одеська, Одеська 51. Встановлено, що в оптимальні умови року ген GPC-B1 не знижував врожайність. Відмічено, що серед інтрогресивних ліній було кілька високоурожайних, зокрема AIL96ф/18, E 1089-19, NIL4, Eг 9155 та Eг 9200.

Серед досліджених ліній найвищий показник маси 1000 зерен мали лінії з генами високої білковості від *A. tauschi*. Серед особливо крупнозерних виділилися лінії PIL814/13, H 242-197-2, E2778/14 й PIL355PH18. Вони перевищували за цим показником сорти-стандарти на 3-9 г і мали МТЗ понад за 40 г. Лінії з геном GPC-B1 не мали настільки значних показників МТЗ, але можна виділити одну лінію GPC-B1 9200, яка стабільно та достовірно переважала сорти-стандарти за цим показником.

Найвищий вміст білка спостерігався у ліній з геном GPC-B1, але високобілкові лінії з генами від *A. tauschi* також мали високий вміст білка. В залежності від року і дози добрив вміст білка на рівні сорту Одеська 16 мали від однієї до дев'яти інтрогресивних ліній з генами від *A. tauschi*. Серед них виділені E 1598/12, PIL814/13, AIL379/18 та F268-14. Вміст білка у ліній з геном GPC-B1 був дещо вищий.

Лінії носії гена GPC-B1 перевищували в середньому сорти-стандарти за рівнем седиментації на 19 – 19,4 мл, на 9,5 – 9,8 мл лінії з генами від *A. tauschi* та сестринську лінію без гена на 8,4 – 12,0 мл. Ген GPC-B1 можна розглядати

ще й як можливість поліпшення хлібопекарських показників. Були виявлені декілька ліній з генами від *A. tauschii*, які незалежно від року і дози мінеральних добрив мали вищий рівень седиментації, ніж сорти-стандарту. Це лінії AIL379/18, PIL814/13, PIL690/18, NIL2, Er 1598/12 та E 1089-19.

Наявність гена *GPC-B1* суттєво підвищувала вміст мікроелементів у досліджених генотипах. Середні значення вмісту марганцю у лініях з геном *GPC-B1* були вищі на 18 %, ніж у сорту Куяльник, вміст заліза – на 34 %. Підвищений вміст мікроелементів свідчить про те, що ген *GPC-B1* поліфункціональний.

За результатами дослідження фракційного складу білка зерна генетичних джерел встановлено, що лінії носії гена *GPC-B1* та генів від *A. tauschii* мають позитивний вплив і на співвідношення між фракціями білка зерна озимої м'якої пшениці. Також встановлена позитивна кореляція між вмістом запасних білків і рівнем седиментації.

Встановлено, що ген *GPC-B1* суттєво впливає на процеси як накопичення, так і реутилізації азотовмісних сполук. Лінії носії гена *GPC-B1* показали достовірну різницю в накопиченні та реутилізації азотовмісних сполук у порівнянні з сестринською лінією без гена *GPC-B1*. Також відмічено різницю у зниженні вмісту азоту в листках і стеблах між лінією-носієм гена *GPC-B1* і сортами-носіями таких генетичних систем, як гени короткостебловості, пшенично-житні транслокації, алелі носії високих хлібопекарських показників. Відсоток реутилізації азоту у лінії з геном *GPC-B1* був вищий, що пояснює природу підвищеного вмісту сирого протеїну в зерні генотипів з цим геном.

У п'ятому розділі «**Селекційні аспекти використання генів від *Aegilops tauschii* та гена *GPC-B1* в різних генетичних середовищах**» автором виявлена значно вища диференціація за показниками якості зерна у варіанті зі збільшеною дозою добрив та використанням розрідженого посіву при ширині міжрядь 30 см, внаслідок чого підвищується ефективність добору, що дає змогу ефективно виявляти генотипи з високим вмістом білка.

Для створення сортів з високим вмістом білка розроблено алгоритм дій, який полягає у визначенні рівня седиментації методом SDS-30 та вмісту білка з використанням інфрачервоного аналізатора на первинних ланках селекції (F₃₋₅) з подальшою перевіркою методом К'ельдаля з подальшою перевіркою реологічних властивостей тіста на альвіографі (F₅₋₆).

В результаті аналізу і добору рекомбінантних ліній, починаючи з покоління F₃, в F₅ були отримані високобілкові лінії в кількості 27 шт. від парних схрещувань, 10 шт. від потрійних схрещувань, 12 шт. від складних схрещувань. Ці лінії стабільно перевищували за вмістом білка сорт-стандарт Куяльник та кращий батьківський компонент. Такі лінії рекомендовані для подальшого вивчення в конкурсному та екологічному сортовипробуваннях та на різних агрофонах як можливі кандидати для передачі до Державного сортовипробування.

Порівняння напрямків поліпшення біохімічної якості зерна пшениці дало змогу встановити, що найбільшу врожайність мають гібридні комбінації від парних схрещувань із залученням гена *GPC-B1*. За рівнем білка в зерні найкращий результат був у гібридних комбінацій від складних схрещувань з *A. tauschii*. За умовним збором білка всі групи гібридних комбінацій мали

однакові результати, що робить ці напрями рівнозначно перспективними для поліпшення біохімічних показників якості зерна.

Висновки та пропозиції для практичної селекції та виробництва відповідають змісту роботи.

Дискусійні положення та зауваження щодо дисертаційної роботи. Позитивно оцінюючи дисертаційну роботу Фаніна Ярослава Сергійовича, рівень актуальності, новизни і практичного значення, а також повноту викладення матеріалу, можна вказати на наявність окремих дискусійних моментів, положень які потребують додаткової аргументації та зауважень технічного характеру.

Дискусійними є наступні положення:

Термін «обсяг хліба» не є загальноприйнятим, при аналізі хлібопекарських властивостей більш вживаний термін «об'єм хліба».

Здається занадто детальним поділ роботи на чотири рівня, зокрема підпідрозділ 2.3.1 розділений ще на більш дрібні одиниці: 2.3.1.1, 2.3.1.2, 2.3.1.3 та 2.3.1.4.

Цікаво, що у вихідних ліній з геном *GPC-B1* вміст білка в зерні у середньому був вищим, ніж у носіїв генів від *A. tauschii* (розділ 4), а у отриманих за їх участі ліній спостерігалась зворотна закономірність (розділ 5). Дискусійним є питання можливості і перспектив поєднання в одному генотипові гену *GPC-B1* і генів від *A. tauschii*.

Розподіл ліній на стандартні і високобілкові здається доволі умовним, оскільки різниця між групами іноді складає менше 0,5 %. Потрібні чіткі, статистично обґрунтовані критерії.

Дискусійним є питання сенсу та ефективності застосування показника маси білка у 1000 зерен.

Положення, що потребують додаткової аргументації та пояснень автора:

На більшість сортів та селекційних ліній, що були використані у схрещуваннях (підрозділ 2.1.2) надані описи, але не на всі. Бажано використовувати однаковий підхід у викладенні матеріалу.

Якщо дослідження проводились у 2019-2023 рр., то варто також навести дані про погодні умови вегетаційного періоду 2022-23 рр. Також цікаво було б ознайомитися з повним списком сортів, які залучалися до вивчення, хоча б у додатках.

Поясніть, що оцінювали, стійкість проти вилягання чи до збудників грибкових хвороб: «візуально оцінювали вилягання в балах: 5 - повна відсутність грибкового ураження...» (с. 67).

Цікаво, де визначався вміст в зерні марганцю, заліза та вітамінів, а також як ідентифікувались гени від *Aegilops tauschii*.

Відсутні висновки до другого розділу, чи дали змогу умови проведення дослідів, використані методи та матеріал виконати поставлені завдання?

Незрозуміло, чому відносно новий сорт Пилипівка так сильно поступається за урожайністю сортам як вітчизняної, так і зарубіжної селекції. У методичній частині йдеться мова про 88-100 сортів, які вивчалися щороку, а у таблиці 3.1 загальна кількість сортів без стандартів склала лише 46. Автором досліджені сорти поділені на три групи, що означає IV група (с. 79)?

Дивує низька частка впливу умов року на урожайність (рис. 3.3) та на окремі елементи продуктивності (табл. 3.2), у тексті пишеться про високий вплив року на вміст білка, а в наведеному далі рис. 3.4 він позначений як 0.

Зауваження технічного характеру:

У змісті не вказані підрозділи 2.1.1 та 2.2.2, які є у тексті.

Зустрічаються невдалі вислови, такі як «довжина вегетації» замість тривалості, «3-10 насичених схрещувань» замість насичуючих, неузгодженість відмінків та родів у реченнях та незавершені речення, як «В результаті цього поверхня зернівки та її алеїроновий шар, який містить основну частину білка, а одиниця маси та обсяг зернівки зменшилися.» (с. 38), а також орфографічні помилки, як «покажника», «схрещювань», «останними», «вегетативной», «Egilops» «відваленої гібридизації», «отногенезу» та інші.

Не існує сорту Ремесло-Лівна (с. 43), можливо малось на увазі Ремеслівна, а сорт Glen lea пишеться одним словом. Сорти «Мудр», «Нанага» та «Селенка» (сс. 56, 58), схоже, написані з помилками. Назви іноземних сортів краще наводити мовою оригіатора або як вони занесені до Реєстру, адже транслітерація «Магбол», «Єтана», «Трокілд» не зовсім вірна (імовірно йшлося про Matchball-Мачболл та Etana-Етана, Torrild-Торрілд).

Назва таблиці має бути перед таблицею, а не після, як у випадку з таблицями 3.2, 3.3.

Загальний висновок. За актуальністю теми, науково-методичним рівнем проведених досліджень, науковою новизною та практичним значенням дисертаційна робота є завершеною науковою працею. Відмічені недоліки не є принциповими і не знижують загальної позитивної оцінки опонованої роботи. Отже, дисертація **Я.С. Фаніна** є завершеною науковою працею, в якій викладено нові результати наукового дослідження, здійснено теоретичне обґрунтування та експериментальне підтвердження можливої реалізації нової програми селекції, направленої на вирішення селекційно-генетичними методами важливої проблеми підвищення рівня білковості зерна пшениці м'якої озимої та інших його біохімічних якостей.

Вважаю, що дисертаційна робота «**Селекційно-генетичні аспекти формування та покращення біохімічних показників якості зерна озимої м'якої пшениці *Triticum aestivum* L.**», подана на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія (20 Аграрні науки та продовольство) відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженою

постановою Кабінету Міністрів України за № 44 від 12 січня 2022 р., а її автор, **Фанін Ярослав Сергійович**, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агронісія (Аграрні науки та продовольство).

Офіційний опонент,
в.о. директора Інституту рослинництва
імені В.Я. Юр'єва НААН України,
завідувач лабораторії селекції пшениці,
доктор с.-г. наук, старший науковий
співробітник


Олег ЛЕОНОВ

УКРАЇНА
ІНСТИТУТ РОСЛИНИЦТВА
ІМЕНІ В.Я. ЮР'ЄВА
НАЦІОНАЛЬНОЇ
АКАДЕМІЇ
АГРАРНИХ НАУК
УКРАЇНИ
код 00497176
№1
місто Харків