УДК 633.111.1«324»: 664.64.016.8 https://doi.org/10.21498/2518-1017.21.3.2025.339319

Особливості формування показників вмісту білка та клейковини пшениці м'якої озимої залежно від попередника

І. В. Правдзіва[1]*, Н. В. Василенко[1], Т. М. Шадчина[1], Т. В. Шевченко[2]

*[1]Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН, вул. Центральна, 68, с. Центральне, Обухівський р-н, Київська обл., 08853, Україна, *e-mail: irinapravdziva@gmail.com*
[2]Національна академія аграрних наук України, вул. Михайла Омеляновича-Павленка, 9, м. Київ, 01010, Україна

Мета. Виявити особливості формування вмісту білка та клейковини в сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої залежно від різних попередників в умовах центральної частини Лісостепу України. Виділити генотипи з підвищеними показниками якості зерна. **Методи.** Досліджували вплив п'яти попередників [сої, соняшнику, кукурудзи, гірчиці, сидерального пару (гірчиці)] на формування вмісту білка (PC) та клейковини (WGC) в борошні 18 генотипів пшениці м'якої озимої впродовж 2021/22–2023/24 рр. Використовували польові, лабораторні та статистичні методи. **Результати.** У середньому за роками та генотипами пшениці озимої виявлено достовірно вищі значення PC (12,5%) і WGC (27,6%) після сидерального пару. Однак у сорту 'МІП Довіра' істотно більший уміст білка (13,1%) відмічено після сої, а в селекційних ліній Лютесценс 37548 (13,6%), Лютесценс 60302 (12,7%) та Лютесценс 60400 (12,8%) – після кукурудзи. Достовірно вищий уміст клейковини за такого попередника, як кукурудза, отримано в селекційної лінії Лютесценс 37548 (29,8%), якщо попередником була гірчиця – у Лютесценс 60302 (29,1%). Найменші значення досліджуваних показників якості (PC = 9,7–12,3%, WGC = 13,0–25,8%) впродовж трьох років фіксували після соняшнику й лише в Лютесценс 37548 і Лютесценс 60302 – після сої. Виявлено помірну варіабельність ($6 \le CV \le 10\%$) вмісту білка та значну ($11 \le CV \le 20\%$) – клейковини для більшості сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої залежно від попередника. Установлено визначальну роль умов року у формуванні вмісту білка та клейковини – 48,3 та 41,2% відповідно; частка впливу попередника була на рівні 9,9 і 17,2%, генотипу – 4,8 і 5,4% відповідно. Між досліджуваними показниками якості визначено достовірно сильну (r = 0,83) пряму залежність. Виокремлено селекційні лінії з максимальним умістом білка – Еритроспермум 60724, Еритроспермум 60793, Еритроспермум 60667, Лютесценс 60293, Лютесценс 60734 та Лютесценс 37548, а також клейковини – Лютесценс 60302. **Висновки.** Виділені генотипи можуть бути використані в селекційному процесі як джерела для підвищення окремих показників якості зерна. З метою отримання більшого вмісту білка та клейковини сорт 'МІП Довіра' варто висівати після такого попередника, як соя, селекційні лінії Лютесценс 37548, Лютесценс 60302 та Лютесценс 60400 – після кукурудзи, інші генотипи пшениці озимої – після сидерального пару.

Ключові слова: *Triticum aestivum L.; сорти; селекційні лінії; умови року; коефіцієнт варіації; ANOVA.*

Вступ

Пшениця (*Triticum aestivum* L.) є наразі найпоширенішою сільськогосподарською культурою світу. Площі під нею становлять 241,58 млн га та поступаються лише кукурудзі [1, 2]. В Україні посіви пшениці займають левову частку – приблизно 25% від усіх орних земель (6819,0 тис. га) [3]. Для понад 35% населення планети *T. aestivum* є основною їжею, що забезпечує від однієї п'ятої до половини добової норми споживання білка та калорій [4]. Згідно зі статистичними даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (the Food and Agriculture Organization of the United Nations), нині у світі проживає понад 8 млрд осіб. До кінця 2100 р. очікується ще більше зростання кількості людей, яка буде становити майже 11 млрд [5]. Тому необхідним є підвищення обсягів виробництва харчових продуктів, передусім зерна пшениці, що характеризується значною поживною цінністю [6]. Зростання валового збору високоякісного зерна – одне з важливих завдань сільськогосподарської науки.

Серед багатьох показників, які визначають харчову цінність зерна *T. aestivum*, одними з найважливіших є вміст клейковини та білка [7]. Кількість останнього варіює в межах 7–22%, проте здебільшого становить 10–15% [8]. Залежно від поведінки у різних

Iryna Pravdziva
https://orcid.org/0000-0002-0808-1584
Nadiia Vasylenko
https://orcid.org/0000-0002-4326-6613
Tamara Shadchyna
https://orcid.org/0009-0002-1690-7566
Tamara Shevchenko
https://orcid.org/0000-0001-9488-0325

© The Author(s) 2025. Published by Ukrainian Institute for Plant Variety Examination.
This is an open access article distributed under the terms of the license CC BY-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

розчинах білки пшениці умовно поділяють на чотири групи. А саме: легкорозчинні альбуміни й глобуліни (15–20% від загального вмісту білка), що містяться переважно в зародку й алейроновому шарі, а також клейковинні, чи запасні, гліадини та глютеніни (80–85% від загальної кількості), які беруть участь в утворенні механічної основи тіста [9–11]. Якість пшеничного борошна визначається вмістом у зерні білка та співвідношенням його фракцій [12]. Харчова цінність зерна також залежить від синтезованого рослинним організмом амінокислотного складу білків [13, 14]. Їхній уміст, а також – клейковини, якість білково-клейковинного комплексу зумовлюють напрям використання пшеничного борошна. Тому ці показники відіграють важливу роль у харчовій промисловості.

Накопичення білкових речовин у зерні пшениці залежить від низки чинників, серед яких найважливішими є генотип, ґрунтово-кліматичні умови та елементи технології вирощування [14]. Нині в усьому світі спостерігаються глобальні кліматичні зміни. Вони супроводжуються збільшенням кількості екстремальних гідротермічних явищ [15, 16] і, згідно з Xie W., Yan X. [17] та Aono S. et al. [18], істотно впливають на мінливість показників якості зерна (зокрема, вмісту білка та клейковини), які передусім залежать від умов вирощування, що за допомогою дисперсійного аналізу (ANOVA) встановили Kollstrøm M. O. et al. [19] та Mitura K. et al. [20]. Агротехнічні заходи допомагають зменшити вплив погодних факторів вегетаційного періоду на якість зерна [21] та навіть поліпшити її. Зокрема, завдяки правильному добору культур у сівозміні. Пшениця озима, як порівняти з іншими культурами, є більш вибагливою до попередника. Тому його вдалий, науково обґрунтований вибір забезпечує задовільний фітосанітарний стан посівів, сприяючи оптимальному розвитку рослин у процесі вирощування впродовж вегетації [22], а також, як зазначають Yashchuk N. et al. [23], є одним із вагомих чинників підвищення якості зерна без значних матеріальних затрат.

Аналіз структури сільськогосподарських посівів України за 2019–2021 рр. свідчить, що значну їхню частину займали такі технічні культури, як соняшник (6368,3 тис. га), кукурудза (5286,9 тис. га), соя (1433,3 тис. га) та ріпак (1132,1 тис. га) [3]. Отже, основні площі *T. aestivum* розміщено саме після цих попередників. Зважаючи на ґрунтово-кліматичні умови, економічні й агротехнічні заходи, слід ретельніше обирати попередник для пшениці озимої, адже її розміщення в сівозміні – один із факторів збільшення обсягів виробництва якісного зерна [24].

Мета досліджень – виявити особливості формування вмісту білка та клейковини в сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої залежно від різних попередників в умовах центральної частини Лісостепу України та виділити генотипи з підвищеними показниками якості зерна.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили впродовж 2021/22–2023/24 рр. в умовах Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН України (МІП). Установлювали вплив п'яти попередників [сої (SB), соняшнику (SF), кукурудзи (CR), гірчиці (MS), сидерального пару (GM) (гірчиці)] на показники якості борошна восьми нових сортів ('МІП Аеліта', 'МІП Ауріка', 'МІП Відзнака', 'МІП Дарунок', 'МІП Довіра', 'МІП Ніка', 'МІП Роксолана', 'МІП Феєрія') і дев'яти перспективних селекційних ліній (Еритроспермум 606667, Еритроспермум 60724, Еритроспермум 60793, Лютесценс 37548, Лютесценс 60293, Лютесценс 60302, Лютесценс 60400, Лютесценс 60702, Лютесценс 60734) пшениці м'якої озимої та сорту-стандарту 'Подолянка'.

Ґрунтовий покрив полів МІП – чорнозем глибокий (38–42 см) малогумусний, слабковилугований. Уміст гумусу у 20-сантиметровому шарі ґрунту – 3,6–4,0%, легкодоступного азоту – 0,006%, фосфору – 0,025%, обмінного калію – 0,011–0,018%; pH 5,3–6,4. Сума поглинутих основ становила 0,23–0,29 мг-екв на 1 кг ґрунту, ступінь насичення основами – 86,2–94,4%.

Пшеницю м'яку озиму вирощували відповідно до загальноприйнятої для зони Лісостепу України технології [25]. Після збирання попередників рослинні рештки подрібнювали, проводили оранку (18–22 см), вирівнювали поверхню ґрунту, вносили основне добриво $N_{30}P_{30}K_{30}$ та здійснювали передпосівну культивацію. Насіння протруювали препаратом Максим Стар 025 FS (1,5 л/т), а потім висівали за допомогою селекційної сівалки СН-10 Ц з глибиною загортання 4–5 см і нормою висіву 5 млн схожих насінин на 1 га. Облікова площа дослідних ділянок становила 10 м^2. Повторність чотириразова. Урожай зерна збирали методом прямого комбайнування («Sampo-130»).

Лабораторні дослідження виконували відповідно до ДСТУ 3768:2019 «Пшениця.

Технічні умови» [26] та Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва [27]. Уміст білка (РС) в борошні визначали за допомогою інфрачервоного аналізатора СПЕКТРАН 119М зі спектральним діапазоном 1400–2400 нм. Уміст сирої клейковини (WGC) встановлювали після ручного відмивання тіста, утвореного внаслідок змішування 25 г борошна з 13 мл проточної води, від крохмалю та оболонок.

Аналіз отриманих експериментальних даних проводили, використовуючи методи описової статистики, варіаційний, дисперсійний і регресійний аналізи [28, 29].

Результати досліджень

Роки випробувань були контрастними за температурою повітря, характеризувалися значним варіюванням кількості опадів та нерівномірністю їх випадання впродовж року (табл. 1). Як порівняти з усередненим багаторічним значеннням (СБЗ), середньорічна температура повітря підвищувалася на 1,0–3,3 °С, а середньомісячна – на 0,8–6,5 °С щороку в листопаді, грудні, січні, лютому, березні, червні та липні. Аномально теплими виявилися вересень, жовтень, квітень і липень 2023/24 р. – перевищення СБЗ становило 3,6–4,2 °С. Істотне зниження температури – на 1,3–1,6 °С, порівнюючи з середньою багаторічною, фіксували у вересні 2021/22 та 2022/23 рр. За кількістю опадів 2021/22 вегетаційний рік був посушливим (80% до СБЗ), а 2022/23-й, навпаки, відзначився надмірним вологозабезпеченням (132% до СБЗ). Максимально наближений (93% до СБЗ) показник атмосферної вологи виявлено у 2023/24 р. За місяцями критично низьку кількість опадів (< 50% до СБЗ) відмічено у вересні, лютому та березні 2021/22 р., у січні, травні та червні 2022/23 р., а також у серпні, вересні, травні та липні 2023/24 р.; аномально велику (≥ 150% до СБП) – у квітні та серпні 2021/22 р., у квітні, липні, серпні, вересні та листопаді 2022/23 р., а також у березні, квітні, жовтні й листопаді 2023/24 р.

Таблиця 1

Середньомісячні значення температури повітря та кількості опадів за період проведення досліджень

Вегетаційний рік	Місяць												За рік
	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	
Температура повітря, °С													
2021/22	20,5	13,2	7,6	4,8	–1,1	–1,2	1,7	2,3	8,4	14,6	20,7	20,4	9,3
2022/23	21,6	12,9	8,2	3,8	0,2	–0,1	–0,5	5,2	9,3	15,5	19,7	20,9	9,7
2023/24	22,8	18,4	12	4,5	0,9	–1,9	3,3	4,4	13,1	15,9	21,4	24,5	11,6
СБЗ	19,6	14,5	8,4	2,3	–2,1	–4,4	–3,2	1,5	9,2	15,3	18,7	20,3	8,3
Кількість опадів, мм													
2021/22	88	19	18	26	63	23	9	11	86	29	42	55	469
2022/23	88	118	30	81	43	11	28	45	85	21	39	184	773
2023/24	5	8	51	79	60	23	44	86	72	6	103	7	544
СБЗ	58	50	34	41	43	36	32	35	44	51	80	80	584

Примітка. СБЗ – середньобагаторічні значення за 1960/61–2020/21 рр.

Результати досліджень свідчать, що різні за гідротермічним режимом роки вирощування неоднаково впливають на формування показників якості зерна (рис. 1). Максимальний розмах варіювання вмісту білка та клейковини, а також їхні вищі середні значення – 13,6 і 29,4% відповідно – отримано в більш посушливому 2021/22 р. Найнижчі усереднені показники РС та WGC – 10,5% і 19,0% відповідно – з мінімальним розмахом варіювання зафіксовано у 2022/23 р., зокрема через надмірну кількість опадів у липні. Як зазначають C. Jones та K. Olson-Rutz [30], перезволоження в період достигання зерна зменшує доступність та поглинання азоту, внаслідок чого знижується вміст білка.

Попередники також мали неоднаковий вплив на формування показників якості зерна пшениці м'якої озимої за різних умов вирощування (табл. 2). У середньому за сортами та селекційними лініями достовірно вищий уміст білка та клейковини у 2021/22 р. отримано після кукурудзи (РС = 15,0%, WGC = 32,8%), у 2022/23 р. – після сидерального пару (РС = 11,6%, WGC = 25,6%), у 2023/24 р. – після гірчиці (РС = 12,4%, WGC = 28,4%). Найменші значення досліджуваних показників протягом трьох років фіксували після соняшника.

Істотно вищий уміст білка (12,5%) та клейковини (27,6%) в середньому за генотипами та роками досліджень установлено після сидерального пару (табл. 3), а найнижчий (10,7 і 19,0% відповідно) – після соняшнику. Отже, переважна кількість генотипів сформувала більші або менші значення цих

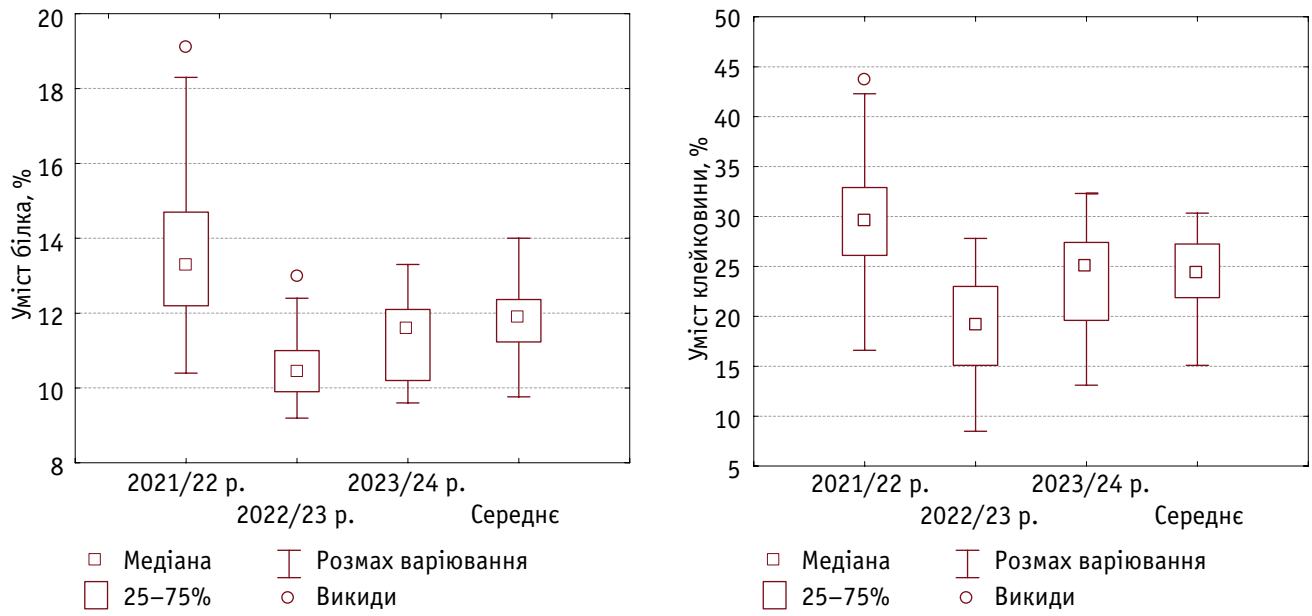

Рис. 1. Варіювання показників умісту білка та клейковини пшениці озимої впродовж років досліджень

Таблиця 2

Мінливість показників умісту білка та клейковини пшениці озимої залежно від попередника впродовж років досліджень (середнє за генотипами)

Вегетаційний рік	Попередник					x	$HIP_{0,05}$	σ
	SB	SF	CR	GM	MS			
	Уміст білка, %							
2021/22	14,1	12,3	15,0	14,1	12,6	13,6	0,5	1,13
2022/23	10,2	9,7	10,6	11,6	10,6	10,5	0,5	0,70
2023/24	11,8	10,2	10,4	11,8	12,4	11,3	0,4	0,97
	Уміст клейковини, %							
2021/22	30,3	25,8	32,8	30,5	27,7	29,4	1,5	2,71
2022/23	16,1	13,0	20,5	25,6	19,9	19,0	1,4	4,77
2023/24	26,0	18,1	20,4	26,7	28,4	23,9	1,4	4,43

Примітка. Попередники: SB – соя, SF – соняшник, CR – кукурудза, GM – сидеральний пар, MS – гірчиця; x – середнє; $HIP_{0,05}$ – найменша істотна різниця; σ – стандартне відхилення.

показників за використання вказаних попередників. Утім виявлено й відмінності від загальної тенденції. Так, у середньому за 2021/22–2023/24 рр. у сорту 'МІП Довіра' істотно вищий уміст білка (13,1%) отримано після сої, а в селекційних ліній Лютесценс 37548 (13,6%), Лютесценс 60302 (12,7%) та Лютесценс 60400 (12,8%) – після кукурудзи. Достовірно більший уміст клейковини в Лютесценс 37548 (29,8%) зафіксовано після такого попередника, як кукурудза, а в Лютесценс 60302 (29,1%) – коли попередником була гірчиця. Варто зазначити, що дві останні селекційні лінії характеризувалися нижчими показниками якості зерна після сої (відповідно РС = 11,0; 11,3%, WGC = 21,4; 24,6%). Більшість генотипів пшениці м'якої озимої залежно від попередників відзначилися помірною варіабельністю (6 ≤ CV ≤ 10%) умісту білка та значною (11 ≤ CV ≤ 20%) – клейковини. Виключення становили сорт 'Подолянка' (відповідно CV = 3,7; 10,3%) та селекційна лінія Лютесценс 60302 (відповідно CV = 4,6; 7,3%), що свідчить про найменшу мінливість й одночасно вищу стабільність вказаних ознак у них.

Достовірно більшим показником РС, ніж у сорту-стандарту 'Подолянка', в середньому за трьома роками досліджень і п'ятьма попередниками відзначилися селекційні лінії Еритроспермум 60793 та Еритроспермум 60724 (відповідно 12,4 та 12,7%). За вмістом білка в межах найменшої істотної різниці над контролем переважали Лютесценс 37548 (12,0%), Еритроспермум 60667 (12,1%), Лютесценс 60293 (12,1%) та Лютесценс 60734 (12,1%), а за вмістом клейковини – Лютесценс 60302 (26,8%). Отже, виділені лінії можуть бути використані в селекційному процесі як джерела відповідних показників якості зерна для створення високоякісних вихідних форм пшениці м'якої озимої.

За результатами кореляційно-регресійного аналізу між вмістом білка та клейковини

Таблиця 3

Мінливість умісту білка та клейковини в сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої залежно від попередника (середнє за 2021/22–2023/24 рр.)

Попередник	'Подолянка'	'МІП Аеліта'	'МІП Ауріка'	'МІП Відзнака'	'МІП Дарунок'	'МІП Довіра'	'МІП Ніка'	'МІП Роксолана'	'МІП Феєрія'	Еритроспермум 60667	Еритроспермум 60724	Еритроспермум 60793	Лютесценс 37548	Лютесценс 60293	Лютесценс 60302	Лютесценс 60400	Лютесценс 60702	Лютесценс 60734	x	$НІР_{0,05}$	CV, %
	Уміст білка, %																				
SB	12,1	12,4	11,2	11,9	12,7	13,1	12,3	12,0	11,0	12,1	13,0	12,8	11,0	12,0	11,3	11,6	11,8	12,0	12,0	0,41	5,3
SF	11,2	10,5	10,4	10,3	10,4	10,4	10,2	10,1	9,8	10,8	11,0	11,1	11,2	10,7	11,6	10,8	11,4	11,1	10,7	0,42	4,6
CR	12,3	11,4	12,4	11,1	11,3	11,4	10,8	11,5	10,5	12,4	13,0	12,6	13,6	12,7	12,7	12,8	10,5	12,8	12,0	0,42	7,8
GM	12,2	12,3	11,9	11,5	13,1	12,6	12,3	12,1	11,9	13,1	14,0	13,1	12,2	12,8	12,2	12,3	12,1	13,2	12,5	0,40	4,9
MS	11,9	11,5	12,6	11,6	12,2	11,9	11,4	11,6	11,2	12,1	12,5	12,2	12,1	12,1	11,8	11,6	11,6	11,6	11,9	0,41	3,2
x	11,9	11,6	11,7	11,3	11,9	11,9	11,4	11,5	10,9	12,1	12,7	12,4	12,0	12,1	11,9	11,8	11,5	12,1	11,8	0,46	3,5
$НІР_{0,05}$	0,55	0,42	0,39	0,45	0,44	0,37	0,51	0,37	0,43	0,38	0,47	0,46	0,40	0,45	0,47	0,43	0,41	0,37	0,46	–	–
CV, %	3,7	6,6	7,7	5,5	9,1	8,9	8,1	7,0	7,2	6,9	8,6	6,3	8,6	7,0	4,6	6,5	5,3	7,1	5,7	–	–
	Уміст клейковини, %																				
SB	24,2	27,7	23,9	22,8	25,4	25,5	28,8	24,3	22,1	23,6	22,6	24,0	21,4	24,3	24,6	22,7	23,9	22,5	24,1	1,24	7,7
SF	22,4	18,9	20,7	15,1	16,6	15,9	19,0	15,1	15,8	19,0	20,2	19,3	21,9	18,3	25,7	18,8	21,0	17,9	19,0	1,23	14,6
CR	28,6	25,0	26,4	20,7	22,3	20,7	22,5	22,6	20,4	26,4	28,6	25,9	29,8	23,1	25,9	27,2	20,6	25,5	24,6	1,29	12,4
GM	28,3	28,2	28,1	24,3	27,5	26,0	29,1	26,3	24,0	28,7	30,3	28,2	27,7	27,8	28,6	28,2	27,4	28,1	27,6	1,33	5,7
MS	25,6	24,5	27,7	21,8	25,4	24,2	25,1	24,0	23,4	26,7	27,3	23,2	28,4	25,3	29,1	24,1	25,2	25,0	25,3	1,28	7,5
x	25,8	24,9	25,4	20,9	23,4	22,5	24,9	22,5	21,1	24,9	25,8	24,1	25,8	23,8	26,8	24,2	23,6	23,8	24,1	1,42	6,7
$НІР_{0,05}$	1,29	1,47	1,37	1,19	1,31	1,24	1,47	1,27	1,33	1,44	1,21	1,22	1,37	1,48	1,22	1,22	1,43	1,46	1,42	–	–
CV, %	10,3	14,9	12,1	16,8	18,1	18,7	17,2	19,2	15,6	15,1	16,4	13,7	15,1	14,8	7,3	15,5	12,1	16,2	13,1	–	–

Примітка. Попередники: SB – соя, SF – соняшник, CR – кукурудза, GM – сидеральний пар, MS – гірчиця; x – середні значення; НІР – найменша істотна різниця; CV – коефіцієнт варіації.

виявлено достовірну сильну (r = 0,83) прямолінійну залежність (рис. 2). Вона виражається таким рівнянням лінійної регресії:

$y = -17{,}39 + 3{,}5135x$

де y – вміст клейковини; x – вміст білка.

За допомогою цього рівняння можна здійснювати інтерполяцію або екстраполяцію даних, тобто використовувати для прогнозування результатів. Інші науковці також отримали прямолінійні зв'язки між досліджуваними ознаками, втім різної сили [31, 32].

Результати дисперсійного аналізу продемонстрували істотну ($p \leq 0{,}01$) залежність показників якості зерна від усіх досліджуваних чинників та їхньої взаємодії (рис. 3) Визначальний вплив на формування вмісту білка – 48,3% – та клейковини – 41,2% – мали умови року. Генотиповий складник становив 4,8% (для PC) та 5,4% (для WGC). Попередники більше позначалися на вмісті клейковини – 17,2%. Також отримано значні частки (> 10%) впливу взаємодії факторів: року × попередника – 10,8% (для PC) та 12,1% (для WGC); генотипу × року × попередника – 12,0% (для PC). Отже, ще раз підтверджено неоднаковий вплив попередників на формування вмісту

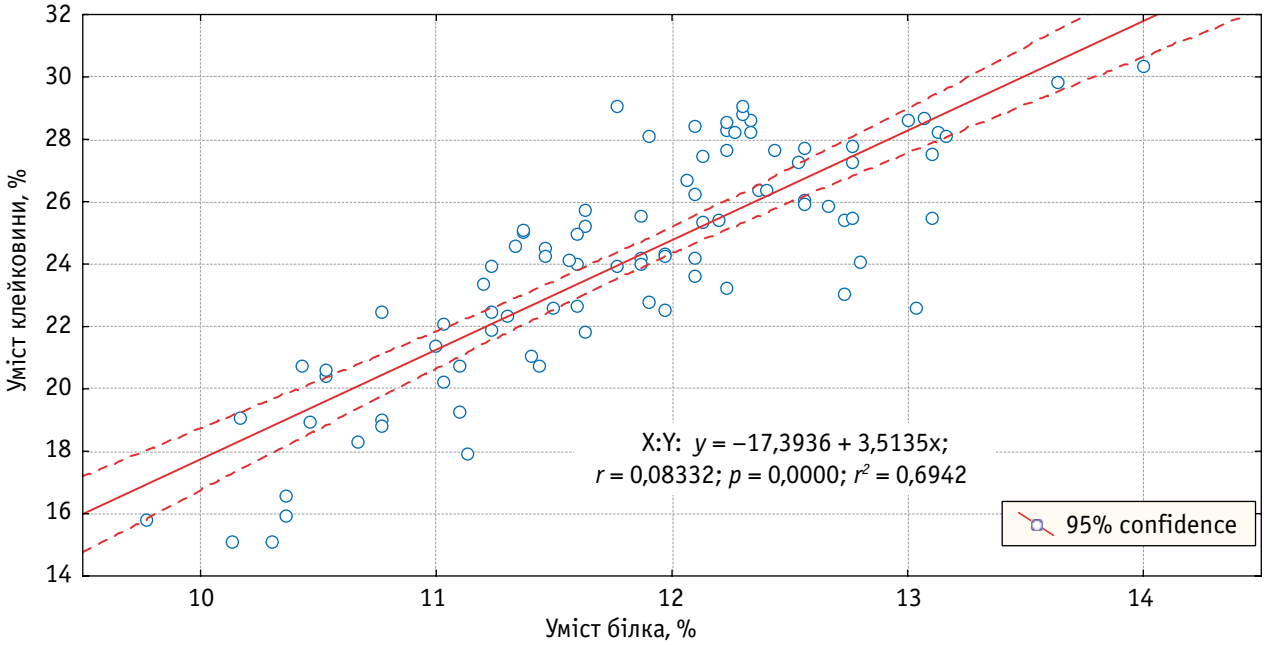

Рис. 2. Залежність між умістом білка та вмістом клейковини в пшениці м'якій озимій (середнє за 2021/22–2023/24 рр.)

Примітка. r – коефіцієнт кореляції, r^2 – коефіцієнт детермінації, p – рівень значущості.

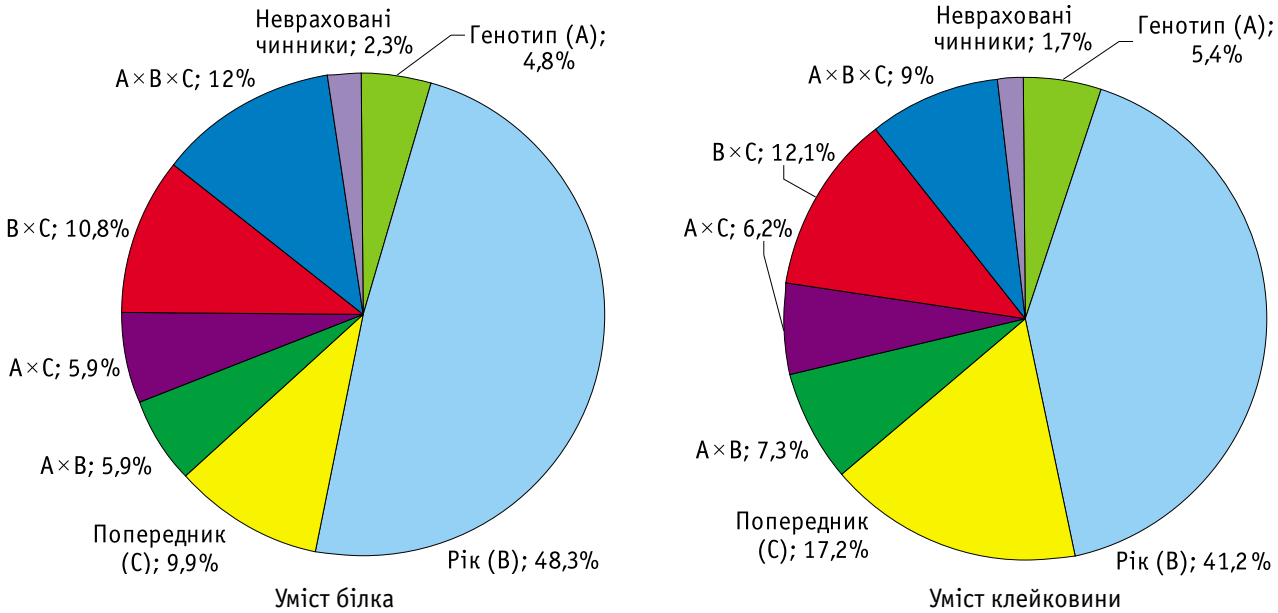

Рис. 3. Частка впливу чинників на вміст білка та клейковини в пшениці м'якій озимій (2021/22–2023/24 рр.)

білка та клейковини в різні за гідротермічним режимом роки.

Висновки

За результатами досліджень відмічено вищі значення вмісту білка (PC) та клейковини (WGC) за посушливих умов вирощування. Виявлено визначальний вплив умов року на формування показників якості зерна (PC – 48,3%, WGC – 41,2%). Генотипова складова становила 4,8% (для PC) та 5,4% (для WGC). Попередники більше позначалися на вмісті клейковини (17,2%). Отримано значні частки (> 10%) впливу взаємодії чинників: року × попередника – 10,8% (для PC) та 12,1% (для WGC); генотипу × року × попередника – 12,0% (для PC).

Визначено достовірну сильну ($r = 0,83$) пряму залежність між досліджуваними показниками якості зерна в сортів та селекційних ліній пшениці м'якої озимої.

Виділено селекційні лінії, що можуть бути використанні в селекційному процесі як джерела для підвищення вмісту білка – Еритроспермум 60724 (12,7%), Еритроспермум 60793 (12,4%), Еритроспермум 60667 (12,1%), Лютесценс 60293 (12,1%), Лютесценс 60734 (12,1%), Лютесценс 37548 (12,0%), а також клейковини – Лютесценс 60302 (26,8%).

За коефіцієнтом варіації виявлено помірну варіабельність ($6 \leq CV \leq 10\%$) умісту білка та значну ($11 \leq CV \leq 20\%$) – клейковини для більшості досліджуваних генотипів залежно від попередників. Виняток становили сорт 'Подолянка' (відповідно CV = 3,7; 10,3%) та селекційна лінія Лютесценс 60302 (відповідно CV = 4,6; 7,3%), що свідчить про найменшу мінливість вказаних ознак у них. Висіваючи ці генотипи після гірших попередників, можна отримати стабільно високі показники якості зерна.

З метою одержання більшого вмісту білка та клейковини сорт 'МІП Довіра' варто висівати після сої, селекційні лінії Лютесценс 37548, Лютесценс 60302 та Лютесценс 60400 – після кукурудзи, інші генотипи пшениці озимої – після сидерального пару.

References

1. Velimirović, A., Jovović, Z., & Pržulj, N. (2021). From neolithic to late modern period: Brief history of wheat. *Genetika*, *53*(1), 407–417. https://doi.org/10.2298/gensr2101407v
2. FAOSTAT. 2019–2023. https://www.fao.org/faostat/en/ #data/OA
3. Prokopenko, O. (Ed). (2022). *Crop Production of Ukraine 2022. Statistical Collection*. Derzhavna Sluzhba Statystyky Ukrainy. [In Ukrainian]
4. Khalid, A., Hameed, A., & Tahir, M. F. (2023). Wheat quality: A review on chemical composition, nutritional attributes, grain anatomy, types, classification, and function of seed storage proteins in bread making quality. *Frontiers in Nutrition*, *10*, Article 1053196. https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1053196
5. Adam, D. (2021). How far will global population rise? Researchers can't agree. *Nature*, *597*(7877), 462–465. https://doi.org/10.1038/d41586-021-02522-6
6. Islam, M. Z., Alam, M. N., Rahman, M. M., Islam, M. Z., & Rahman, A. (2024). Nutritional values of wheat and the roles and functions of its compositions in health. Preprints. https://doi.org/10.20944/preprints202409.0710.v1
7. Szuba-Trznadel, A., Gałka, B., Kamińska, J., Rodzeńska, A. J., Król, Z., Jarki, D., & Fuchs, B. (2024). Diversity of chemical composition and nutritional value in grain from selected winter wheat cultivars grown in south-western Poland. *Scientific Reports*, *14*(1), Article 2630. https://doi.org/10.1038/s41598-024-53094-0
8. Wieser, H., Koehler, P., & Scherf, K. A. (2023). Chemistry of wheat gluten proteins: Quantitative composition. *Cereal Chemistry*, *100*(1), 36–55. https://doi.org/10.1002/cche.10553
9. Rustgi, S., Shewry, P., Brouns, F., Deleu, L. J., & Delcour, J. A. (2019). Wheat seed proteins: factors in uencing their content, composition, and technological properties, and strategies to reduce adverse reactions. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *18*(6), 1751–1769. https://doi.org/ 10.1111/1541-4337.12493
10. Penaki, A., & Borta, A. (2020). The study of quality indicators and fractional composition of wheat grain protein of southern regions of Ukraine. *Grain Products and Mixed Fodder's*, *20*(4), 4–10. https://doi.org/10.15673/gpmf.v4i4.2013
11. Ye, L., Zheng, W., Li, X., Han, W., Shen, J., Lin, Q., Hou, L., Liao, L., & Zeng, X. (2023). The role of gluten in food products and dietary restriction: exploring the potential for restoring immune tolerance. *Foods*, *12*(22), Article 4179. https://doi.org/ 10.3390/foods12224179
12. Bodor, K., Szilágyi, J., Salamon, B., Szakács, O., & Bodor, Z. (2024). Physical–chemical analysis of different types of flours available in the Romanian market. *Scientific Reports*, *14*(1), Article 881. https://doi.org/10.1038/s41598-023-49535-x
13. Wieser, H., Koehler, P., & Scherf, K. A. (2023). Chemistry of wheat gluten proteins: Qualitative composition. *Cereal Chemistry*, *100*(1), 23–35. https://doi.org/10.1002/cche.10572
14. Filip, E., Woronko, K., Stępień, E., & Czarniecka, N. (2023). An overview of factors affecting the functional quality of common wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Molecular Sciences*, *24*(8), Article 7524. https://doi.org/10.3390/ijms24087524
15. Vozhegova, R. A., Netis, I. T., Onufran, L. I., Sakhatsky, G. I., & Sharata, N. H. (2021). Climate change and aridization of the Southern Steppe of Ukraine. *Agrarian Innovations*, *7*, 16–20. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.7.3 [In Ukrainian]
16. Gabric, A. J. (2023). The climate change crisis: a review of its causes and possible responses. *Atmosphere*, *14*(7), Article 1081. https://doi.org/10.3390/atmos14071081
17. Xie, W., & Yan, X. (2023). Responses of wheat protein content and protein yield to future climate change in China during 2041–2060. *Sustainability*, *15*(19), Article 14204. https://doi.org/10.3390/su151914204
18. Aono, S., Nishitsuji, Ya., Iwaki, S., & Hayakawa, K. (2024). Effects of environmental temperature during maturation on protein characteristics in spring wheat (*Triticum aestivum* cv. Haruyokoi). *Journal of Cereal Science*, *116*, Article 103838. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2023.103838
19. Kollstrøm, M. O., Böcker, U., Uhlen, A. K., Kristoffersen, A. Ø., Dieseth, J. A., Tengstrand, E., & Koga, S. (2025). The effect of weather conditions from heading to harvest on gluten quality of spring wheat – A study of historical data 2005–2022. *Journal of Cereal Science*, *121*, Article 104095. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2024.104095
20. Mitura, K., Cacak-Pietrzak, G., Feledyn-Szewczyk, B., Szablewski, T., & Studnicki, M. (2023). Yield and grain quality of common wheat (*Triticum aestivum* L.) depending on the different farming systems (organic vs. integrated vs. conventional). *Plants*, *12*(5), Article 1022. https://doi.org/10.3390/plants12051022
21. Long, X.-X., Ju, H., Wang, J.-D., Gong, Sh.-H., & Li, G.-Yo. (2022). Impact of climate change on wheat yield and quality in the

Yellow River Basin under RCP8.5 during 2020–2050. *Advances in Climate Change Research*, *13*(3), 397–407. https://doi.org/10.1016/j.accre.2022.02.006
22. Demydov, O. A, Pravdziva, I. V., & Vasylenko, N. V. (2023). The influence of growing season conditions, sowing date, and preceding crop on the flour strength formation in *Triticum aestivum* L. genotypes. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, *74*(2), 27–38. https://doi.org/10.32636/01308521.2023-(74)-2-3 [In Ukrainian]
23. Yashchuk, N., Matseiko, L., Bober, A., Kobernyk, M., Gunko, S., Grevtseva, N., Boyko, Y., Salavor, O., Bublienko, N., & Babych, I. (2021). The technological properties of winter wheat grain during long-term storage. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, *15*, 926–938. https://doi.org/10.5219/1642
24. Tsymbal, Ya. S., Boiko, P. I., Martyniuk, I. V., Yakymenko, L. P., & Bakumova, M. V. (2024) Productivity of winter wheat in 6-7-field crop rotations of the Left Bank Forest-Steppe. *Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice*, *4*, 25–32. https://doi.org/10.54651/agri.2024.04.03 [In Ukrainian]
25. Siroshtan, A. A., & Kavunets, V. P. (Eds.). (2023). *Technology of Growing Winter Wheat Seeds*. Tsentralne. [In Ukrainian]
26. *Wheat. Technical conditions: State Standard of Ukraine 3768:2019*. (2019). DP "UkrNDNTs". [in Ukrainian]
27. Technological assessment of crop production of varieties of agricultural species. (2016). In S. O. Tkachyk (Ed.), *Methodology for conducting qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. Methods for determining quality indicators of crop production* (4th ed., pp. 6–64). Nilan-LTD. [In Ukrainian]
28. Gamaiunova, V. V., & Smirnova, I. V. (2017). *Methods and organization of research in agronomy*. Mykolaiv National Agrarian University. https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2075/1/Metody_ta_orhanizatsiya_doslidzhen_v_ahronomiyi.pdf [In Ukrainian]
29. Chugaevska, S. V., & Kovtun, N. V. (Eds.). (2022). *Fundamentals of statistical modeling: a textbook*. Ruta. https://eprints.zu.edu.ua/33864/1/stat.pdf [In Ukrainian]
30. Jones, C., & Olson-Rutz, K. (2025). *Practices to increase wheat grain protein*. Montana State University. https://landresources.montana.edu/soilfertility/documents/PDF/pub/NWhtProtEB0206.pdf
31. Kolibabchuk, T. V., Kuzmenko, O. V., Zarva, O. I., & Liubych, V. V. (2022). Yield and quality of soft winter wheat depending on the sowing rates. *Agrobiology*, *1*, 168–178. https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-171-1-168-178 [In Ukrainian]
32. Blyzniuk, B. V., Demydov, O. A., Kyrylenko, V. V., Humeniuk, O. V., & Pykalo, S. V. (2020). Influence of environmental factors on formation of grain quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties of Myronivka breeding. *Agroecological Journal*, *3*, 63–72. https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2020.211528 [In Ukrainian]

UDC 633.111.1«324»:664.64.016.8

Pravdziva, I. V.[1]*, Vasylenko, N. V.[1], Shadchyna, T. M.[1], & Shevchenko, T. V.[2] (2025). Features of the formation of protein content and wet gluten content of winter bread wheat depending on the preceding crop. *Plant Varieties Studying and Protection*, *21*(3), ---. https://doi.org/10.21498/2518-1017.21.3.2025.339319

*[1]The V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat, NAAS of Ukraine, 68 Tsentralna St., Tsentralne village, Obukhiv district, Kyiv region, 08853, Ukraine, *e-mail: vasylenkonv147@gmail.com*

[2]National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 9 Mykhailo Omelianovych-Pavlenko St., Kyiv, 01010, Ukraine

Purpose. To identify the features of the formation of protein content and wet gluten content of winter bread wheat varieties and breeding lines depending on different preceding crops in the conditions of the central part of the Forest-Steppe of Ukraine. To identify genotypes with increased grain quality indicators. **Methods.** The influence of five preceding crops (soybean, sunflower, corn, mustard, green manure (mustard)) on the formation of protein content (PC) and wet gluten content (WGC) in flour of 18 winter bread wheat genotypes was studied from 2021/22 to 2023/24. Field, laboratory and statistical research methods were employed. **Results.** On average, a significantly higher protein content (12.5%) and gluten content (27.6%) were found after green manure over the years. However, a higher protein content was observed after soybeans of the 'MIP Dovira' variety (13.1%) and after corn of the Lutescens 37548 (13.6%), Lutescens 60302 (12.7%) and Lutescens 60400 (12.8%) breeding lines. A significantly higher wet gluten content was obtained after corn in the Lutescens 37548 breeding line (29.8%) and after mustard in the Lutescens 60302 breeding line (29.1%). The lowest values of these indicators were recorded over three years (PC = 9.7–12.3%, WGC = 13.0–25.8%) following a sunflower crop. However, the breeding lines Lutescens 37548 and Lutescens 60302 showed lower quality indicators following a preceding crop of soybean. Moderate variability ($6 \le CV \le 10\%$) in protein content and significant variability ($11 \le CV \le 20\%$) in gluten content were observed for most winter bread wheat varieties and breeding lines depending on the preceding crop. The influence of growing year conditions on protein (48.3%) and wet gluten (41.2%) content was significant, with the respective shares of the preceding crop and genotype being 9.9% and 17.2%, and 4.8% and 5.4%, respectively. A strong, reliable linear relationship ($r = 0.83$) was identified between protein and wet gluten content in winter bread wheat varieties and breeding lines. Breeding lines of winter bread wheat with a higher protein content were identified: Erythrospermum 60724, Erythrospermum 60793, Erythrospermum 60667, Lutescens 60293, Lutescens 60734 and Lutescens 37548. Breeding lines with a higher wet gluten content were also identified: Lutescens 60302. **Conclusions.** The selected genotypes can be used in the breeding process to improve individual grain quality indicators. To obtain a higher protein and gluten content, the variety 'MIP Dovira' should be sown after the preceding crop soybean, the breeding lines Lutescens 37548, Lutescens 60302, Lutescens 60400 should be sown after corn, and other winter wheat genotypes should be sown after green manure.

Keywords: *Triticum aestivum L.; varieties; breeding lines; year conditions; coefficient of variation; ANOVA.*

Надійшла / Received 28.07.2025
Погоджено до друку / Accepted 21.08.2025