







АГРОНОМІЯ

УДК 633.111.1«324»:631.559

Мінливість показників якості борошна генотипів пшениці м'якої озимої залежно від попередника**Шадчина Т.М.¹** , **Кочмарський В.С.¹** , **Правдзіва І.В.¹** ,
Василенко Н.В.¹ , **Хорошко Н.М.¹** , **Шевченко Т.В.²** ¹Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН²Національна академія аграрних наук України

Правдзіва І.В. E-mail: irinapravdziva@gmail.com



Шадчина Т.М., Кочмарський В.С., Правдзіва І.В., Василенко Н.В., Хорошко Н.М., Шевченко Т.В. Мінливість показників якості борошна генотипів пшениці м'якої озимої залежно від попередника. «Агробіологія», 2024. № 2. С. 134–143.

Shadchyna T., Kochmarskyi V., Pravdziva I., Vasylenko N., Khoroshko N., Shevchenko T. Variability of flour quality indicators of soft winter whea genotypes depending on preceding crop. «Agrobiology», 2024. no. 2, pp. 134–143.

Рукопис отримано: 30.09.2024 р.

Прийнято: 15.10.2024 р.

Затверджено до друку: 28.11.2024 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2024-191-2-134-143

У статті наведено результати досліджень впливу попередника та умов року на варіювання вмісту білка і клейковини сортів та селекційних ліній пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.).

Метою дослідження було встановити мінливість формування показників якості борошна, а саме вмісту білка та клейковини, сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої залежно від попередників у різні за гідротермічним режимом роки в умовах центральної частини Лісостепу України. Дослідження проводили впродовж 2020/21–2022/23 рр. у Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла НААН України. Встановлювали вплив п'яти попередників на вміст білка (PC) та клейковини (WGC) в борошні 12-ти генотипів пшениці м'якої озимої. Використовували польові, лабораторні та статистичні методи досліджень.

Встановлено, що різні за гідротермічним режимом роки мають неоднаковий вплив на формування показників якості борошна. Виявлено, що за посушливих умов вирощування генотипи пшениці м'якої озимої формують вищий вміст білка та клейковини. Відмічено неоднаковий вплив попередників на формування показників якості борошна за різних умов дослідження. Визначено вищі показники якості борошна після попередника соя (PC = 14,9 %, WGC = 32,2 %) у 2020/21 р., після кукурудзи (PC = 14,8 %, WGC = 32,0 %) у 2021/22 р., після сидерального пару (PC = 11,4 %, WGC = 25,5 %) у 2022/23 р. Впродовж трьох років отримано найменші значення вмісту білка (9,4–11,8 %) та клейковини (13,2–24,0 %) після попередника соняшник. Виокремлено найбільш стабільні генотипи щодо впливу попередника за вмістом білка – МПФ Феєрія, МПФ Відзнака, Лютесценс 60400 та за обома показниками якості борошна – Лютесценс 60049, Лютесценс 60302. Встановлено визначальний (PC – 21,9 %, WGC – 35,2 %) вплив умов року на показники якості борошна, істотний (PC – 17,6 %, WGC – 17,0 %) – попередника та суттєвий – взаємодії чинників рік × попередник (PC – 17,5 %, WGC – 10,4 %) і генотип × рік × попередник (PC – 12,9 %, WGC – 8,7 %). Частка впливу генотипу становила 4,3 % для вмісту білка та 7,6 % для вмісту клейковини. Виділено генотипи з найбільшими та найменшими частками впливу досліджуваних чинників. Визначено достовірну сильну ($r = 0,86$) пряmolінійну залежність між вмістом білка та вмістом клейковини у сортів та селекційних ліній пшениці м'якої озимої. Виявлені особливості впливу попередників на формування показників якості борошна варто враховувати за вирощування пшениці озимої.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., вміст білка, вміст клейковини, умови року, попередник, коефіцієнт варіації, ANOVA.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Пшениця (*Triticum aestivum* L.) – одна з найпоширеніших аграрних культур земної кулі, оскільки є одним із основних продуктів харчування для більшості людей [1]. Відповідно до статистичних даних Продовольчої та сільськогосподарської організації об'єднаних націй (the Food and Agriculture Organization of the United Nations), чисельність населення світу у 2023 р. становила 8,045 млрд осіб, а до кінця 2100 р. очікується, що воно зросте до 10 мільярдів [2, 3]. Таке стрімке зростання кількості людей на планеті потребує відповідного збільшення виробництва продуктів харчування, насамперед зерна пшениці, оскільки *Triticum aestivum* L. характеризується високою харчовою цінністю [4]. Зростання валового збору високоякісного зерна є одним із важливих завдань сільськогосподарської науки та виробництва.

Серед низки показників, які характеризують харчову цінність зерна пшениці, найважливішим є вміст білка та клейковини [5, 6]. Згідно з літературними джерелами, варіювання вмісту білка в зерні пшениці здебільшого становить в межах від 7 до 17 % [7], проте може досягати 25 % [8]. Залежно від здатності білків розчинятись у різних розчинах, їх умовно поділяють на чотири групи: альбуміни, глобуліни, гліadini та глютеніни [9]. Вміст білка в зерні та співвідношення між різними білковими фракціями визначають якість пшеничного борошна [10, 11]. Альбуміни та глобуліни – легкорозчинні білки, які переважно знаходяться в зародку й алейроновому шарі та становлять 15–20 % від загальної кількості білків пшениці [12]. Гліadini та глютеніни – запасні або клейковинні білки, із сумарною кількістю до 80–85 % від загального вмісту білків. Саме клейковинні білки беруть участь в утворенні механічної основи тіста [13]. Харчова цінність зерна визначається також амінокислотами як основними структурними елементами білків, які синтезуються рослинним організмом [14, 15]. Напрямок використання пшеничного борошна залежить від вмісту білків, вмісту вологої клейковини, якості білково-клейковинського комплексу. Тому ці показники мають важливе значення у промисловості.

Утворення та накопичення поживних речовин у рослинах залежить від особливостей сорту, ґрунтового-кліматичних умов, елементів технології вирощування та інших чинників [16]. З урахуванням екологічної безпеки та мінімізації впливу на довкілля правильний підбір культур у сівозміні є одним із доступ-

них заходів у вирішення питання підвищення якості зерна пшениці. Вдалий вибір попередника сприятиме створенню задовільного фітосанітарного стану посівів, що забезпечить оптимальний розвиток культури в процесі вирощування впродовж вегетаційного періоду [17]. Пшениця озима, порівняно з іншими озимими культурами, більш вибаглива до попередників. Отже, одним із вагомих чинників підвищення якості зерна пшениці озимої без значних матеріальних затрат є науково обґрунтований вибір попередника [18].

Мета дослідження – встановити мінімальність формування показників якості борошна, а саме вмісту білка та клейковини, сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої залежно від попередників у різні за гідротермічним режимом роки в умовах центральної частини Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили у Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла НААН України (МІП) впродовж 2020/21–2022/23 рр. Визначали вплив п'яти попередників (соя (SB), соняшник (SF), кукурудза (CR), сидеральний пар (GM), гірчиця (MS)) на вміст білка та клейковини в борошні восьми сортів (Подільянка (стандарт), МІП Ніка, МІП Роксолана, МІП Феєрія, МІП Аеліта, МІП Відзнака, МІП Дарунок, МІП Довіра) та чотирьох селекційних ліній (Лютесценс 37548, Лютесценс 60049, Лютесценс 60302, Лютесценс 60400) пшениці м'якої озимої.

Використовували загальноприйнятту технологію вирощування пшениці озимої для зони Лісостепу України [19]. Облікова площа дослідних ділянок становила 10 м². Повторність – чотириразова.

Вміст білка (PC) в борошні визначали за допомогою інфрачервоного аналізатора СПЕКТРАН 119М із спектральним діапазоном 1400–2400 нм. Вміст сирової клейковини (WGC) в борошні отримували ручним відмиванням тіста, утвореного в результаті змішування 25 г борошна з 13 мл проточної води, від крохмалю і оболонки.

Обробку отриманих експериментальних даних проводили за методами описової статистики, варіаційним, дисперсійним, парним і множинним регресійним аналізами.

Результати досліджень та обговорення. Роки дослідження були контрастними за гідротермічним режимом (табл. 1). Вегетаційний 2020/21 р. за кількістю опадів (102,2 %) був наближеним до середньобогаторічного показника (СБП). Недостатню кількість опадів (80,5 % до СБП) спостерігали у 2021/22 р.

Умови 2022/23 р. супроводжувалися надмірним вологозабезпеченням, (132,6 % до СБП). Виявлено критично низьку кількість опадів (< 50 % до СБП) у серпні й вересні 2020/21 р., у вересні, лютому та березні 2021/22 р., у січні, травні та червні 2022/23 р. Аномально велику (≥ 150 % до СБП) їх кількість отримано у січні, лютому і травні 2020/21 р., у квітні та серпні 2021/22 р., у квітні, липні, серпні, вересні та листопаді 2022/23 р. У роки досліджень спостерігали підвищення середньорічної температури повітря на 1,0–1,5 °С від СБП. Щороку відмічали значне підвищення середньомісячної температури повітря на 0,9–4,3 °С від СБП у серпні, листопаді, грудні, січні та червні. Також аномально теплими виявилися вересень, жовтень, липень 2020/21 р., лютий 2021/22 р., березень 2022/23 р. з перевищенням СБП на 3,1–5,1 °С, а холоднішими – вересень 2021/22 та 2022/23 рр., лютий і травень 2020/21 р., що на 1,3–1,6 °С нижче СБП.

За результатами досліджень встановлено, що різні за гідротермічним режимом роки вирощування мають неоднаковий вплив на фор-

мування показників якості борошна (табл. 2). У посушливому 2021/22 р. отримано найвищий середній вміст білка (13,3 %) та клейковини (28,3 %), а також найбільший розмах варіювання цих ознак. Найменші показники якості борошна (PC = 10,4 %, WGC = 19,3 %) відмічено у 2022/23 р. Встановлено нижчі значення коефіцієнту варіації (CV) та розмаху варіювання R вмісту білка (CV = 7,2 %; R = 3,8 %) у 2022/23 р., а вмісту клейковини (CV = 16,0 %; R = 17,2 %) у 2020/21 р. Слід зазначити, що надмірна кількість опадів негативно впливає на формування показників якості борошна та може призвести до суттєвого їх зниження [20, 21]. За посушливих умов вирощування накопичується більша кількість азотовмісних сполук у зерні рослини через пригнічення процесу пересування вуглеводів з вегетативних органів рослини у зерно [22]. Отримані експериментальні дані, щодо впливу гідротермічних умов вирощування на показники якості борошна, співпадають з результатами досліджень інших науковців [23–25].

Таблиця 1 – Гідротермічний режим у роки досліджень

| Вегетаційний рік | Місяць | | | | | | | | | | | | За рік |
|---|--------|------|------|-----|------|------|------|-----|-----|------|------|------|--------|
| | VIII | IX | X | XI | XII | I | II | III | IV | V | VI | VII | |
| Сума опадів, мм | | | | | | | | | | | | | |
| 2020/21 | 8 | 21 | 22 | 28 | 38 | 57 | 49 | 28 | 47 | 87 | 100 | 111 | 596 |
| 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 |
| СБП | 59 | 51 | 34 | 40 | 43 | 36 | 31 | 34 | 44 | 52 | 79 | 81 | 583 |
| Середньомісячна температура повітря, °С | | | | | | | | | | | | | |
| 2020/21 | 21,1 | 18,6 | 13,3 | 3,8 | -0,3 | -2,3 | -4,7 | 2,3 | 7,7 | 14,5 | 20,2 | 23,3 | 9,8 |
| 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 |
| СБП | 19,6 | 14,5 | 8,3 | 2,3 | -2,2 | -4,4 | -3,4 | 1,5 | 9,1 | 15,3 | 18,7 | 20,2 | 8,3 |

Примітка: СБП – середній багаторічний показник (1960/61–2019/20 рр.).

Таблиця 2 – Варіювання вмісту білка та клейковини пшениці озимої у роки дослідження

| Вегетаційний рік | Вміст білка, % | | | | | Вміст клейковини, % | | | | |
|------------------|----------------------|------|------|-----|-------|----------------------|------|------|------|-------|
| | $\bar{x} \pm \sigma$ | min | max | R | CV, % | $\bar{x} \pm \sigma$ | min | max | R | CV, % |
| 2020/21 р. | 11,6 \pm 2,4 | 9,0 | 17,0 | 8,0 | 20,7 | 27,0 \pm 4,4 | 20,4 | 37,6 | 17,2 | 16,0 |
| 2021/22 р. | 13,3 \pm 2,0 | 10,4 | 19,1 | 8,7 | 14,5 | 28,3 \pm 5,8 | 16,6 | 43,7 | 27,1 | 20,5 |
| 2022/23 р. | 10,4 \pm 0,8 | 9,2 | 13,0 | 3,8 | 7,2 | 19,3 \pm 4,8 | 8,5 | 27,8 | 19,3 | 24,7 |
| \bar{x} | 11,8 \pm 1,3 | 9,5 | 14,4 | 4,9 | 10,8 | 24,9 \pm 3,8 | 16,3 | 31,5 | 15,2 | 15,0 |

Примітка: \bar{x} , min, max – відповідно середнє, мінімальне та максимальне значення; R – розмах варіювання; CV – коефіцієнт варіації.

Прослідковували неоднаковий вплив попередників на формування показників якості борошна за різних умов вирощування (рис. 1). У 2020/21 р. виявлено вищі показники якості борошна у середньому за генотипами пшениці м'якої озимої після попередника соя (PC = 14,9 %, WGC = 32,2 %), у 2021/22 р. – після кукурудзи (PC = 14,8 %, WGC = 32,0 %), у 2022/23 р. – після сидерального пару (PC = 11,4 %, WGC = 25,5 %). Отримано найменші значення вмісту білка (9,4–11,8 %) та клейковини (13,2–24,0 %) після попередника соняшник у роки досліджень.

За результатами кореляційно-регресійного аналізу встановлено достовірну сильну прямолінійну залежність між вмістом білка та вмістом клейковини (рис. 2). Отримано рівняння лінійної регресії ($y = -5,0105 + 2,5437 \times x$, $r^2 = 0,75$), за допомогою якого можна здійснювати інтерполяцію або екстраполяцію даних, тобто використовувати для прогнозування результатів. У літературних джерелах висвітлено різної сили прямолінійні зв'язки між досліджуваними ознаками.

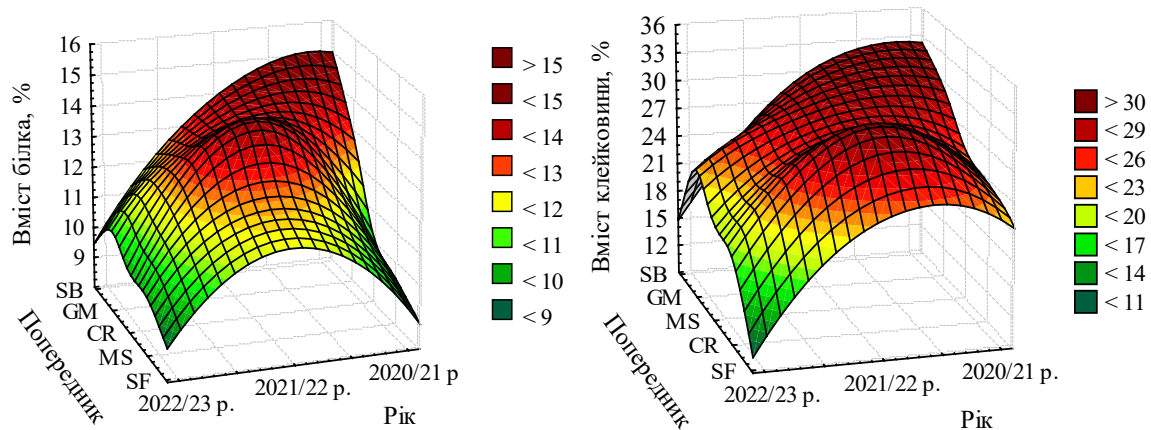


Рис. 1. Мінливість вмісту білка та клейковини пшениці озимої залежно від попередника у роки дослідження (середнє за генотипами): SB – попередник соя, SF – соняшник, CR – кукурудза, GM – сидеральний пар, MS – гірчиця.

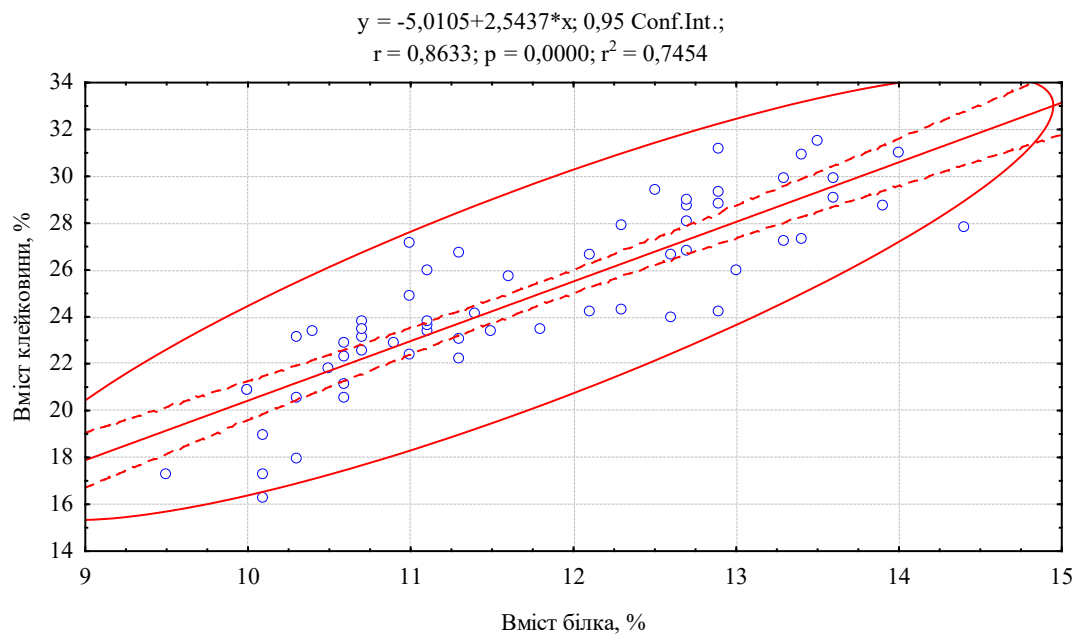


Рис. 2. Залежність між вмістом білка та вмістом клейковини пшениці м'якої озимої, середнє за 2020/21–2022/23 рр.: r – коефіцієнт кореляції, r² – коефіцієнт детермінації, p – рівень значущості.

У середньому за генотипами пшениці м'якої озимої та роками досліджень виявлено більший вміст білка й клейковини після попередників сидеральний пар (12,7; 28,1 % відповідно) та соя (12,9; 26,3 %) (табл. 3). Тобто, переважна кількість генотипів сформували вищі показники якості борошна саме після наведених вище попередників. Однак виокремлено дві селекційні лінії пшениці озимої (Лютесценс 37548, Лютесценс 60400), в яких виявлено максимальні показники якості борошна після кукурудзи. У середньому за 2020/21–2022/23 рр. після попередника соняшник відмічено найнижчий вміст білка (9,5–10,6 %) та клейковини (16,3–23,1 %) для всіх сортів і селекційних ліній.

Низка генотипів пшениці м'якої озимої характеризувалася помірною варіабельністю

($6 \leq CV \leq 10 \%$) вмісту білка залежно від попередників, а саме: МП Феєрія, МП Відзнака, Лютесценс 60049, Лютесценс 60302, Лютесценс 60400. Також відмічено помірну варіацію вмісту клейковини за попередниками у двох селекційних ліній – Лютесценс 60049, Лютесценс 60302. Залежно від попередників інші сорти та селекційні лінії вирізнялися значною варіацією ($11 \leq CV \leq 20 \%$) показників якості борошна.

У середньому за всіма варіантами досліду жоден генотип достовірно не перевищував сорт-стандарт Подолянка ($PC = 12,1 \%$, $WGC = 26,9 \%$) за показниками якості борошна. Відмічено лише сорт МП Довіра, який в межах найменшої істотної різниці перевищував стандарт за вмістом білка (12,4 %).

Таблиця 3 – Мінливість вмісту білка та клейковини сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої залежно від попередника, середнє за 2020/21–2022/23 рр.

| Попередник | Подолянка | МП Ніка | МП Роксолана | МП Феєрія | МП Аеліта | МП Відзнака | МП Дарунок | МП Довіра | Лютесценс 37548 | Лютесценс 60049 | Лютесценс 60302 | Лютесценс 60400 | X | НІР ₀₅ | CV, % |
|---------------------|-----------|---------|--------------|-----------|-----------|-------------|------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------|-------------------|-------|
| Вміст білка, % | | | | | | | | | | | | | | | |
| SB | 13,4 | 14,0 | 13,0 | 11,3 | 13,6 | 12,9 | 13,9 | 14,4 | 10,9 | 12,1 | 12,7 | 12,6 | 12,9 | 1,4 | 8,3 |
| SF | 10,5 | 10,0 | 10,1 | 9,5 | 10,3 | 10,1 | 10,1 | 10,3 | 10,6 | 10,3 | 10,6 | 10,6 | 10,3 | 1,5 | 3,1 |
| CR | 12,5 | 10,4 | 11,5 | 10,7 | 11,1 | 11,0 | 11,3 | 12,3 | 13,4 | 12,3 | 12,6 | 12,9 | 11,8 | 1,2 | 8,1 |
| GM | 12,9 | 13,5 | 12,1 | 11,1 | 13,3 | 11,4 | 13,6 | 13,3 | 12,9 | 12,7 | 12,7 | 12,7 | 12,7 | 1,2 | 6,2 |
| MS | 11,0 | 10,7 | 10,7 | 10,0 | 10,7 | 10,6 | 11,1 | 11,8 | 11,3 | 11,6 | 11,0 | 11,1 | 11,0 | 1,3 | 4,4 |
| X | 12,1 | 11,7 | 11,5 | 10,5 | 11,8 | 11,2 | 12,0 | 12,4 | 11,8 | 11,8 | 11,9 | 12,0 | 11,7 | 1,4 | 4,2 |
| НІР ₀₅ | 1,5 | 1,4 | 1,1 | 1,5 | 1,3 | 1,4 | 1,3 | 1,4 | 1,3 | 1,1 | 1,1 | 1,4 | 1,4 | - | - |
| CV, % | 10,4 | 16,0 | 9,9 | 7,2 | 13,0 | 9,5 | 13,9 | 12,5 | 10,6 | 7,9 | 8,7 | 8,8 | 9,4 | - | - |
| Вміст клейковини, % | | | | | | | | | | | | | | | |
| SB | 27,3 | 31,0 | 26,0 | 22,2 | 29,9 | 24,2 | 28,7 | 27,8 | 22,9 | 24,2 | 26,8 | 24,0 | 26,3 | 2,4 | 10,7 |
| SF | 21,8 | 20,9 | 16,3 | 17,3 | 20,5 | 17,3 | 18,9 | 17,9 | 22,3 | 23,1 | 22,9 | 21,1 | 20,0 | 2,7 | 11,9 |
| CR | 29,4 | 23,4 | 23,4 | 23,1 | 26,0 | 22,4 | 23,0 | 24,3 | 30,9 | 27,9 | 26,6 | 29,3 | 25,8 | 2,9 | 11,5 |
| GM | 31,2 | 31,5 | 26,6 | 23,4 | 29,9 | 24,1 | 29,1 | 27,2 | 28,8 | 28,7 | 28,1 | 29,0 | 28,1 | 2,6 | 8,9 |
| MS | 24,9 | 23,8 | 22,5 | 20,9 | 23,5 | 20,5 | 23,6 | 23,5 | 26,7 | 25,7 | 27,1 | 23,8 | 23,9 | 2,6 | 8,5 |
| X | 26,9 | 26,1 | 23,0 | 21,4 | 26,0 | 21,7 | 24,7 | 24,1 | 26,3 | 25,9 | 26,3 | 25,4 | 24,8 | 2,9 | 7,5 |
| НІР ₀₅ | 2,6 | 2,7 | 2,5 | 2,8 | 2,4 | 2,8 | 2,8 | 2,7 | 2,6 | 2,5 | 2,6 | 3,0 | 2,9 | - | - |
| CV, % | 13,8 | 18,4 | 17,9 | 11,6 | 15,8 | 13,3 | 17,3 | 16,3 | 14,1 | 9,2 | 7,6 | 14,1 | 12,4 | - | - |

Примітка: SB – попередник соя; SF – соняшник; CR – кукурудза; GM – сидеральний пар; MS – гірчича; X – середні значення; НІР – найменша істотна різниця; CV – коефіцієнт варіації.

За результатами дисперсійного аналізу (рис. 3) встановлено достовірний ($p \leq 0,01$) вплив усіх досліджуваних чинників. На формування вмісту білка та клейковини найбільше впливали умови року (PC – 21,9 %, WGC – 35,2 %). Визначено значний вплив попередника на досліджувані показники якості борошна (PC – 17,6 %, WGC – 17,0 %). Також виявлено суттєвий вплив взаємодії чинників рік \times попередник і генотип \times рік \times попередник на вміст білка (17,5; 12,9 % відповідно) та вміст клейковини (10,4; 8,7 % відповідно). Генотипова складова становила 4,3 % для вмісту білка та 7,6 % для вмісту клейковини. Відмічено значний внесок у загальну дисперсію інших чинників.

Встановлені частки впливу досліджуваних чинників окремо для кожного геноти-

пу (табл. 4) підтверджують отримані вище результати. Тобто виявлено визначальний вплив умов року на формування вмісту білка (31,3–43,6 %) та клейковини (39,0–58,1 %) у значної частини генотипів. Проте, для окремих сортів і селекційних ліній отримано максимальні частки впливу інших чинників. Зокрема, вміст білка у сортів МП Ніка, МП Аеліта, МП Дарунок більшою мірою залежав від попередника (37,3–45,8 %), а у сортів Подолянка, МП Феєрія, МП Відзнака та селекційних ліній Лютесценс 60302, Лютесценс 60400 – від взаємодії чинників рік \times попередник (29,4–50,9 %). Також виявлено конститутивний вплив попередника на вміст клейковини у сортів МП Ніка (47,1 %), МП Аеліта (42,5 %) та взаємодії чинників рік \times попередник у сорту МП Феєрія (30,0 %).

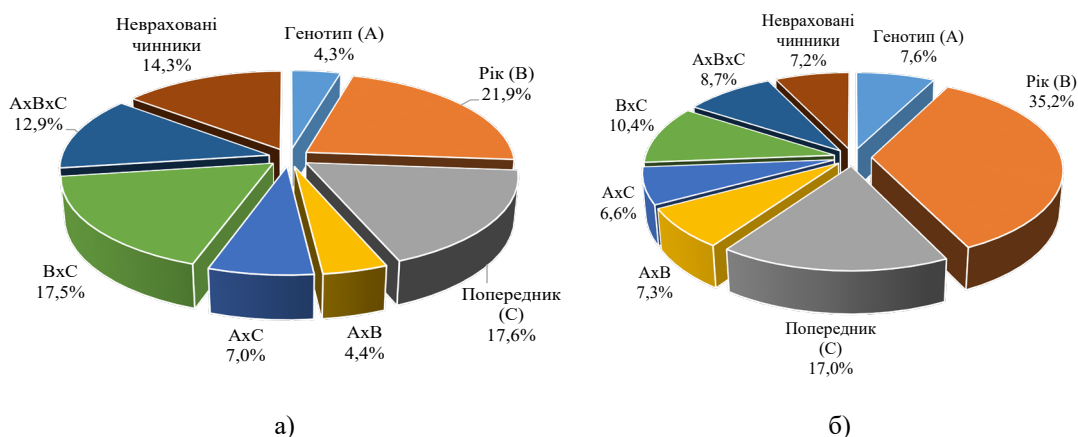


Рис. 3. Частка (%) впливу чинників на вміст білка (а) та клейковини (б) пшениці м'якої озимої, 2020/21–2022/23 рр.

Таблиця 4 – Частка (%) впливу чинників на вміст білка та клейковини сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої, 2020/21–2022/23 рр.

| Джерело варіації | Подолянка | МП Ніка | МП Роксолана | МП Феєрія | МП Аеліта | МП Відзнака | МП Дарунок | МП Довіра | Лютесценс 37548 | Лютесценс 60049 | Лютесценс 60302 | Лютесценс 60400 |
|---------------------|-----------|---------|--------------|-----------|-----------|-------------|------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Вміст білка | | | | | | | | | | | | |
| Рік (B) | 30,8 | 14,0 | 31,3 | 8,2 | 24,1 | 14,4 | 12,4 | 43,6 | 43,4 | 28,4 | 26,9 | 36,0 |
| Попередник (C) | 17,0 | 37,3 | 27,7 | 20,8 | 44,7 | 19,4 | 45,8 | 26,0 | 28,0 | 13,2 | 14,5 | 17,3 |
| VxC | 37,7 | 33,5 | 28,0 | 29,4 | 15,6 | 46,5 | 25,2 | 15,1 | 16,3 | 49,0 | 50,9 | 29,1 |
| Невраховані чинники | 14,4 | 15,1 | 13,0 | 41,5 | 15,6 | 19,7 | 16,7 | 15,4 | 12,3 | 9,4 | 7,7 | 17,6 |
| Вміст клейковини | | | | | | | | | | | | |
| Рік (B) | 50,0 | 31,4 | 39,0 | 29,2 | 37,7 | 42,8 | 39,8 | 42,3 | 51,4 | 55,2 | 58,1 | 58,0 |
| Попередник (C) | 23,7 | 47,1 | 32,2 | 24,2 | 42,5 | 26,3 | 29,8 | 34,1 | 20,7 | 13,0 | 6,9 | 14,8 |
| VxC | 20,7 | 13,3 | 22,3 | 30,0 | 12,0 | 18,0 | 23,2 | 14,9 | 22,0 | 24,0 | 27,4 | 20,8 |
| Невраховані чинники | 5,5 | 8,2 | 6,5 | 16,6 | 7,8 | 12,8 | 7,2 | 8,6 | 5,8 | 7,7 | 7,5 | 6,4 |

Відмічено найменші часки впливу умов року на вміст білка (8,2 %) та клейковини (29,2 %) у сорту МПФ Феєрія, попередника – у селекційних ліній Лютесценс 60049 (PC – 13,2 %, WGC – 13,0 %) і Лютесценс 60302 (PC – 14,5 %, WGC – 6,9 %), взаємодії чинників рік × попередник – у сортів МПФ Аеліта (PC – 15,6 %, WGC – 12,0 %) та МПФ Довіра (PC – 15,1 %, WGC – 14,9 %).

Отже, у результаті проведених досліджень визначено частки впливу умов року, попередника та їх взаємодій на формування вмісту білка й клейковини сортів і перспективних селекційних ліній пшениці м'якої озимої в умовах центральної частини Лісостепу України. Встановлені особливості впливу попередників на формування показників якості борошна варто враховувати під час розроблення базових елементів технології вирощування сортів пшениці озимої.

Висновки. За результатами дослідження виявлено, що за посушливих умов вирощування генотипи пшениці м'якої озимої формують вищі показники якості борошна.

У середньому за генотипами пшениці м'якої озимої відмічено вищі показники якості борошна після попередника соя (PC = 14,9 %, WGC = 32,2 %) у 2020/21 р., після кукурудзи (PC = 14,8 %, WGC = 32,0 %) у 2021/22 р., після сидерального пару (PC = 11,4 %, WGC = 25,5 %) у 2022/23 р. Впродовж трьох років отримано найменші значення вмісту білка (9,4–11,8 %) та клейковини (13,2–24,0 %) після попередника соняшник.

За коефіцієнтом варіації виокремлено більш стабільні генотипи щодо впливу попередника на вміст білка – МПФ Феєрія, МПФ Відзнака, Лютесценс 60400 та на формування обох показників якості борошна – Лютесценс 60049, Лютесценс 60302.

Встановлено визначальний (PC – 21,9 %, WGC – 35,2 %) вплив умов року на показники якості борошна, істотний (PC – 17,6 %, WGC – 17,0 %) – попередника та суттєвий – взаємодії чинників рік × попередник (PC – 17,5 %, WGC – 10,4 %) і генотип × рік × попередник (PC – 12,9 %, WGC – 8,7 %). Частка впливу генотипу становила 4,3 % для вмісту білка та 7,6 % для вмісту клейковини. Виділено генотипи з найбільшими та найменшими частками впливу досліджуваних чинників.

Визначено достовірну сильну ($r = 0,86$) прямолінійну залежність між вмістом білка та вмістом клейковини у сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Velimirović A., Jovović Z., Pržulj N. From neolithic to late modern period: Brief history of wheat. *Genetika*. 2021. Vol. 53. Issue 1. P. 407–417. DOI: 10.2298/GENSR2101407V
2. FAOSTAT. 2022. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/OA>
3. Adam D. How far will global population rise? Researchers can't agree. *Nature*. 2021. Vol. 597. Issue 7877. P. 462–465. DOI: 10.1038/d41586-021-02522-6
4. The effect of agronomic measures on grain yield of winter wheat in drier conditions / P. Vrtilík et al. *Plant, Soil and Environment*. 2019. Vol. 65. Issue 2. P. 63–70. DOI: 10.17221/472/2018-PSE
5. Ekmeklik buğday islah programlarında gluten kalitesinin değerlendirilmesi / Y. Karaduman et al. *Mühendislik Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*. 2021. Vol. 3. Issue 1. P. 141–151. DOI: 10.46387/bjesr.903338
6. Doneva S., Daskalova N., Spetsov P. Transfer of novel storage proteins from a synthetic hexaploid line into bread wheat. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2018. Vol. 105. No 2. P. 113–122. DOI: 10.13080/za.2018.105.015
7. Koppel R., Ingver A. Stability and predictability of baking quality of winter wheat. *Agronomy Research*. 2010. Vol. 8. P. 637–644.
8. Господаренко Г.М., Любич В.В., Полянська І.О., Железна В.В. Борошномельні властивості зерна сортів пшениці спельти залежно від умов мінерального живлення. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2019. № 1. С. 129–134. DOI: 10.31395/2310-0478-2019-1-129-134
9. Wheat seed proteins: factors influencing their content, composition, and technological properties, and strategies to reduce adverse reactions / S. Rustgi et al. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2019. Vol. 18. Issue 6. P. 1751–1769. DOI: 10.1111/1541-4337.12493
10. Split nitrogen application improves wheat baking quality by influencing protein composition rather than concentration / C. Xue et al. *Frontiers in Plant Science*. 2016. Vol. 7. No 738. DOI: 10.3389/fpls.2016.00738
11. Multi-site evaluation of plastic film mulch and nitrogen fertilization for wheat grain yield, protein content and its components in semiarid areas of China / L. Luo et al. *Field Crops Research*. 2019. Vol. 240. P. 86–94. DOI: 10.1016/j.fcr.2019.06.002
12. Penaki A., Borta A. The study of quality indicators and fractional composition of wheat grain protein of southern regions of Ukraine. *Grain Products and Mixed Fodder's*. 2020. Vol. 20. Issue 4(80). P. 4–10. DOI: 10.15673/gpmf.v4i4.2013
13. Predictive models of the rheological properties and optimal water content in doughs: An application to ancient grain flours with different degrees of refining / A. Cappelli et al. *Journal of Cereal Science*. 2018. Vol. 83. P. 229–235. DOI: 10.1016/j.jcs.2018.09.006

14. Wieser H., Koehler P., Scherf K.A. Chemistry of wheat gluten proteins: Qualitative composition. *Cereal Chemistry*. 2023. Vol. 100. Issue 1. P. 23–35. DOI: 10.1002/cche.10572
15. Filip E., Woronko K., Stepień E., Czarniecka N. An overview of factors affecting the functional quality of common wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. Vol. 24. Issue 8. No 7524. DOI: 10.3390/ijms24087524
16. Modeling the effects of extreme high-temperature stress at anthesis and grain filling on grain protein in winter wheat / R. Osman et al. *The Crop Journal*. 2021. Vol. 9. Issue 4. P. 889–900. DOI: 10.1016/j.cj.2020.10.001
17. Kovalenko N., Hloba O. The model of regional development of agrarian science in Ukraine: the relationship between a centenary past and today. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 2021. Vol. 11. Issue 4. P. 845–856. DOI: 10.31407/ijees11.423
18. The technological properties of winter wheat grain during long-term storage / N. Yashchuk et al. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2021. Vol. 15. P. 926–938. DOI: 10.5219/1642
19. Виробництво добазового, базового і сертифікованого насіння пшениці озимої та ярої / за ред. А.А. Сіроштана, В.П. Кавунця. Миронівка, 2019. 72 с.
20. Литвиненко М. Фактори впливу на виробництво озимої пшениці в Україні. Пропозиція. 2017. № 4. С. 74–77.
21. Литовченко А.О., Глушко Т.В., Сидякіна О.В. Якість зерна сортів пшениці озимої залежно від факторів та умов року вирощування на півдні Степу України. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2017. Вип. 3(95). С. 101–110.
22. Spiertz J.H.J. The influence of temperature and light intensity on grain growth in relation to the carbohydrate and nitrogen economy of the wheat plant. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. 1977. Vol. 25. P. 182–197.
23. Sakr N., Rhazi L., Aussenac T. Bread wheat quality under limiting environmental conditions: II – Rheological properties of Lebanese wheat genotypes. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2021. Vol. 20. Issue 4. P. 235–242. DOI: 10.1016/j.jssas.2021.02.002
24. Drought priming enhances wheat grain starch and protein quality under drought stress during grain filling / L. Li et al. *Journal of Integrative Agriculture*. 2024. 31 p. DOI: 10.1016/j.jia.2024.05.008
25. Neibling W. Impact of drought stress on spring wheat grain yield and quality / J. Yang et al. *Agrosystems, Geosciences & Environment*. 2023. Vol. 6. Article e20351. DOI: 10.1002/agg2.20351
26. FAOSTAT. 2022. Available at: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/OA>
27. Adam, D. (2021). How far will global population rise? Researchers can't agree. *Nature*. Vol. 597(7877), pp. 462–465. DOI: 10.1038/d41586-021-02522-6
28. Vrtílek, P., Smutný, V., Dryšlová, T., Neudert, L., Kren, J. (2019). The effect of agronomic measures on grain yield of winter wheat in drier conditions. *Plant, Soil and Environment*. Vol. 65 (2), pp. 63–70. DOI: 10.17221/472/2018-PSE
29. Karaduman, Y., Akin, A., Yılmaz, E., Doğan, S., Belen, S. (2021). Evaluation of bread wheat quality in bread wheat breeding program. *Mühendislik Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*. Vol. 3 (1), pp. 141–151. DOI: 10.46387/bjesr.903338
30. Doneva, S., Daskalova, N., Spetsov, P. (2018). Transfer of novel storage proteins from a synthetic hexaploid line into bread wheat. *Zemdirbyste-Agriculture*. Vol. 105 (2), pp. 113–122. DOI: 10.13080/z-a.2018.105.015
31. Koppel, R., Ingver, A. (2010). Stability and predictability of baking quality of winter wheat. *Agronomy Research*. Vol. 8, pp. 637–644.
32. Hospodarenko, G.M., Liubych, V.V., Polianetska, I.A., Zheliezna, V.V. (2019). Boroshnomelni vlastyvoli zerna sortiv pshenytsi spelyi zalezhno vid umov mineralnoho zhyvlennya [Milling properties of grain of spled winter wheat varieties depending on mineral nutrition conditions]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva [Bulletin of Uman National University of Horticulture]*. no. 1, pp. 129–134. DOI: 10.31395/2310-0478-2019-1-129-134
33. Rustgi, S., Shewry, P., Brouns, F., Deleu, L.J., Delcour, J.A. (2019). Wheat seed proteins: factors influencing their content, composition, and technological properties, and strategies to reduce adverse reactions. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Vol. 18 (6), pp. 1751–1769. DOI: 10.1111/1541-4337.12493
34. Xue, C., Erley, G.S.A., Rossmann, A., Schuster, R., Mühling, K.-H.K.P. (2016). Split nitrogen application improves wheat baking quality by influencing protein composition rather than concentration. *Frontiers in Plant Science*. Vol. 7 (738). DOI: 10.3389/fpls.2016.00738
35. Luo, L., Hui, X., Wang, Z., Zhang, X., Xie, Y., Gao, Z., Chai, S., Lu, Q., Li, T., Sun, M., Chang, L., Bai, Y., Malhi, S.S. (2019). Multi-site evaluation of plastic film mulch and nitrogen fertilization for wheat grain yield, protein content and its components in semiarid areas of China. *Field Crops Research*. Vol. 240, pp. 86–94. DOI: 10.1016/j.fcr.2019.06.002
36. 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*. Vol. 20 (4(80)), pp. 4–10. DOI: 10.15673/gpmf.v4i4.2013
37. Cappelli, A., Cini, E., Guerrini, L., Masella, P., Angeloni, G., Parenti, A. (2018). Predictive models of the rheological properties and optimal water content

REFERENCES

1. Velimirović, A., Jovović, Z., Pržulj, N. (2021). From neolithic to late modern period: Brief history of wheat. *Genetika*. Vol. 53 (1), pp. 407–417. DOI: 10.2298/GENSR2101407V

in doughs: An application to ancient grain flours with different degrees of refining. *Journal of Cereal Science*. Vol. 83, pp. 229–235. DOI: 10.1016/j.jcs.2018.09.006

14. Wieser, H., Koehler, P., Scherf, K.A. (2023). Chemistry of wheat gluten proteins: Qualitative composition. *Cereal Chemistry*. Vol. 100 (1), pp. 23–35. DOI: 10.1002/cche.10572

15. 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*. Vol. 24 (8), no. 7524. DOI: 10.3390/ijms24087524

16. Osman, R., Zhu, Y., Cao, W., Ding, Z., Wang, M., Liu, L., Tang, L., Liu, B. (2021). Modeling the effects of extreme high-temperature stress at anthesis and grain filling on grain protein in winter wheat. *The Crop Journal*. Vol. 9 (4), pp. 889–900. DOI: 10.1016/j.cj.2020.10.001

17. Kovalenko, N., Hloba, O. (2021). The model of regional development of agrarian science in Ukraine: the relationship between a centenary past and today. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. Vol. 11 (4), pp. 845–856. DOI: 10.31407/ijeec11.423

18. 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*. Vol. 15, pp. 926–938. DOI: 10.5219/1642

19. Siroshstan, A.A., Kavunets, V.P. (2019). Vyrobnytstvo dobazovoho, bazovoho i sertyfikovanoho nasinnia pshenytsi ozymoi ta yaroї [Production of pre-basic, basic and certified winter and spring wheat seeds]. Myronivka, 72 p.

20. Lytvynenko, M. (2017). Faktory vplyvu na vyrobnytstvo ozymoi pshenytsi v Ukraini [Factors influencing the production of winter wheat in Ukraine]. Propozytsiya [Proposition]. no. 17, pp. 74–77.

21. Lytovchenko, A.O., Hlushko, T.V., Sydiakina, O.V. (2017). Yakist zerna sortiv pshenytsi ozymoi zalezno vid faktoriv ta umov roku vyroshchuvannia na pivdni Stepu Ukrainy [Grain quality of winter wheat varieties depending on the factors and conditions of the year of cultivation in the south of Ukrainian Steppe]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria [Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science]*. Vol. 3(95), pp. 101–110.

22. Spiertz, J.H.J. (1977). The influence of temperature and light intensity on grain growth in relation to the carbohydrate and nitrogen economy of the wheat plant. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. Vol. 25, pp. 182–197.

23. Sakr, N., Rhazi, L., Aussenac, T. (2021). Bread wheat quality under limiting environmental conditions: II – Rheological properties of Lebanese wheat genotypes. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. Vol. 20 (4), pp. 235–242. DOI: 10.1016/j.jssas.2021.02.002

24. Li, L., Mao, Z., Wang, P., Cai, J., Zhou, Q., Zhong, Y., Jiang, D., Wang, X. (2024). Drought priming enhances wheat grain starch and protein quality under drought stress during grain filling. *Journal of Integrative Agriculture*. 31 p. DOI: 10.1016/j.jia.2024.05.008

25. Yang, J., Yang, R., Liang, X., Marshall, J.M., Neibling, W. (2023). Impact of drought stress on spring wheat grain yield and quality. *Agrosystems, Geosciences & Environment*. Vol. 6, e20351. DOI: 10.1002/agg2.20351

Variability of flour quality indicators of soft winter whea genotypes depending on preceding crop

Shadchyna T., Kochmarskyi V., Pravdziva I., Vasylenko N., Khoroshko N., Shevchenko T.

The article presents the research results of preceding crop and growing season conditions influence on protein content variation, wet gluten content of varieties and breeding lines of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.).

The purpose of the research was to establish the variability of flour quality indicators formation, namely protein content (PC) and wet gluten content (WGC) of soft winter wheat varieties and breeding lines depending on preceding crops in years with different hydrothermal conditions in environments of the central part of the Forest-Steppe of Ukraine. The research was conducted during 2020/21–2022/23 at the V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS of Ukraine. The influence of five predecessors on protein content and wet gluten content in flour of 12 genotypes of soft winter wheat was determined. Field, laboratory and statistical research methods were used.

It was established that years with different hydrothermal conditions reveal unequal effects on the formation of flour quality indicators. It was found that under arid growing conditions the genotypes of soft winter wheat form a higher protein content and wet gluten content. The unequal influence of preceding crops on the formation of flour quality indicators under different research conditions was noted. Higher quality indicators of flour were determined after soybean as preceding crop (PC = 14.9%, WGC = 32.2%) in 2020/21, after corn (PC = 14.8%, WGC = 32.0%) in 2021/ 22, after green fallow (PC = 11.4%, WGC = 25.5%) in 2022/23. During three years the lowest values of protein content (9.4–11.8%) and wet gluten content (13.2–24.0%) was noted after sunflower. The most stable genotypes of the influence of the predecessor on the protein content were identified – MIW «Feyeriy», MIW «Vidznaka» and «Lutescens 60400» were the most stable ones, while «Lutescens 60049» and «Lutescens 60302» were the most stable according to both indicators of flour quality. The determining influence for year conditions on flour quality indicators was established (PC – 21.9%, WGC – 35.2%): significant (PC – 17.6%, WGC – 17.0%) – predecessor and essential – interaction of

factors year × preceding crop (PC – 17.5%, WGC – 10.4 %) and genotype × year × preceding crop (PC – 12.9%, WGC – 8.7%). The genotype share was 4.3% for protein content and 7.6% for wet gluten content. The genotypes with the most and the least parts of the influence of the studied factors were identified. A reliable strong ($r = 0.86$) linear relationship between protein content and wet gluten

content in varieties and breeding lines of soft winter wheat was determined. The identified influence features of predecessors on the formation of flour quality indicators should be taken into account when growing winter wheat.

Key words: *Triticum aestivum* L., protein content, wet gluten content, growing season conditions, predecessor, variation coefficient, ANOVA.



Copyright: Шадчина Т.М. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Шадчина Т.М.

<https://orcid.org/0009-0002-1690-7566>

Кочмарський В.С.

<https://orcid.org/0000-0002-1990-1808>

Правдзіва І.В.

<https://orcid.org/0000-0002-0808-1584>

Василенко Н.В.

<https://orcid.org/0000-0002-4326-6613>

Хорошко Н.М.

<https://orcid.org/0000-0002-0663-1968>

Шевченко Т.В.

<https://orcid.org/0000-0001-9488-0325>