

СЕЛЕКЦІЯ, НАСІННИЦТВО

УДК 631.52:633.11:631.67 (477.7)

DOI <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2022.78.7>

КОРЕЛЯЦІЯ ВМІСТУ КЛЕЙКОВИНИ В ЗЕРНІ, БІЛКОВОСТІ, УРОЖАЙНОСТІ ТА ТРИВАЛОСТІ ПЕРІОДУ «ЦВІТІННЯ – СТИГЛІСТЬ» У СЕЛЕКЦІЙНИХ ЗРАЗКІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ, ЩО ПОХОДЯТЬ З ГІБРИДІВ РІЗНОГО ЕКОЛОГО-ГЕНЕТИЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ ЗА УМОВ ЗРОШЕННЯ

ВОЖЕГОВА Р.А. – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-3895-5633

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

МАРЧЕНКО Т.Ю. – доктор сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0001-6994-3443

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

ЛАВРИНЕНКО Ю.О. – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0001-9442-8793

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

БАЗАЛІЙ Г.Г. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0003-2842-0835

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

ЖУПИНА А.Ю. – здобувач ступеня доктора філософії
orcid.org/0000-0002-3630-7579

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

БІДНИНА І.О. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0001-8351-2519

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Зерно пшениці є одним з основних продуктів харчування людини. Збільшення виробництва зерна і підвищення його якості залишається основною проблемою агропромисловості в Україні. На жаль, зерно нашої пшениці ще далеко не відповідає за рівнем якості всесвітній славі українських чорноземів, на яких воно вирощується. Провідна роль у визначенні хлібопекарської якості борошна належить білкам пшениці, основу яких складають запасні, або клейковинні білки, що утворюють клейковинну масу. Кількість і якість клейковини зерна пшениці є визначальними показниками продовольчої цінності сортів пшениці. Сучасна селекція пшениці спрямована на створення сортів спеціального використання за якістю кінцевого продукту і основним напрямом є селекція на підвищення хлібопекарських якостей борошна [1].

Вихід України на міжнародний продовольчий ринок, а також задоволення потреб вітчизняних зерновиробників у сортових ресурсах та насінні є актуальною проблемою сьогодення. Посиленню позиції України на світовому ринку, як одного із

потужних виробників зерна високої хлібопекарської якості, сприяють ґрунтово-кліматичні умови, оптимальні для вирощування пшениці озимої м'якої, та багатий сортовий потенціал [2]. Однією з найважливіших ланок агропромисловості, основою економічного й соціального розвитку є саме сортові рослинні ресурси, які визначають продовольчу безпеку України (ст. 10 Закону України «Про охорону прав на сорти рослин») [3]. Відповідно до державної програми питома вага приросту врожаю, одержаного за рахунок нового покоління сортів, до 2025 р. складатиме 70–80 %, тобто у 2–3 рази перевищить теперішній рівень [4]. Створені вітчизняними селекціонерами сорти характеризуються високою продуктивністю, більш економічною витратою енергії і поживних речовин на виробництво продукції. Якщо раніше на сорт чи гібрид припадало 20–30 % приросту валового збору врожаю, то зараз весь приріст прямо залежить від сортового складу та якості посівного матеріалу [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останніми роками спостерігається стійка тенденція

до зниження якості товарного зерна пшениці. Урожайність нових сортів пшениці озимої зросла до 10 т/га, проте якість зерна, яка негативно корелює з продуктивністю, знизилась. Оскільки підвищенню продуктивності альтернативи немає, то суттєво зростають вимоги до якості зерна та налаштування технологій вирощування на її покращення. Важлива роль у підвищенні врожайності та якості пшениці належить створенню стабільних за продуктивністю сортів з високою адаптивністю та широкою агроекологічною пластичністю [6].

Один із головних напрямів селекції зернових культур – створення сортів з високою якістю зерна, що значною мірою залежить від сортових особливостей, ґрунтово-кліматичних умов та технології вирощування. Велике значення мають усі ознаки, за якими ведеться селекція, а особливо ті, що складають якість зерна [7]. Обсяг практичного використання високоврожайних пластичних сортів з комплексом цінних технологічних властивостей у виробництві значною мірою визначається ефективністю початкової оцінки селекційного матеріалу за показниками якості як зерна, так і борошна. Якість борошна характеризується такими показниками, як «сила» борошна, пружність та розтяжність тіста, відношення пружності до розтяжності, індекс еластичності тіста, розрідження тіста, змішувальна здатність борошна, об'єм та оцінка хліба тощо. Створюючи нові сорти, селекціонер має справу з широкою мінливістю показників якості зерна та борошна за роками [8].

Успіх у селекції високоврожайних пластичних сортів з комплексом цінних технологічних властивостей значною мірою залежить від ефективності оцінки селекційного матеріалу за показниками якості як зерна, так і борошна [9].

Зерно пшениці містить 11–20 % білка, 63–74 % крохмалю, близько 2 % жиру, стільки ж клітковини і золи. Важливими показниками, що визначають якість пшениці, є наявність у зерні протеїну та клейковини, кількість білка, що визначає сферу застосування пшениці. Наприклад, у випічці хліба потрібно 14–15% білка, при приготуванні макаронів необхідно зерно з 17–18% білка. Найбільше значення мають високоякісні сильні, цінні сорти пшениці. Основа класифікації м'якої пшениці за силою борошна (сильна, середня і слабка) полягає в якості клейковини в зерні [10].

На якість клейковини впливають умови вирощування пшениці, ступінь зрілості зерна, пошкодженість морозом, клопом-черепашкою, тому воно може коливатися в широких межах: від 0 до 150 одиниць ВДК (вимірювання деформації клейковини) і підрозділяється на 5 груп. В зерні озимої м'якої пшениці, що вирощується в Україні, в середньому міститься від 20 до 35 % «сирої» клейковини. Її вміст підвищує харчову цінність, хлібопекарські властивості, товарний вигляд хліба. Від клейковини залежить газотримуюча здатність тіста та об'ємний вихід хліба, відношення висоти подового хліба до його діаметра, пористість, характерний колір, смак і аромат [11].

Одним з основних напрямків розвитку харчової промисловості є створення високоефективних екологічно безпечних технологій продуктів харчування

із зернової сировини з якісною харчовою і біологічною цінністю. Клейковину вперше виявив учений Черазі Беккариа Бонесано в 1728 році. З того часу багато вчених послідовно накопичують обсяг знань з властивостей клейковини, залежностей її від численних факторів. Сьогодні, при визначенні якості зернових, рівень клейковини грає одну з найважливіших ролей [12].

Цінність пшениці озимої визначається, головним чином, вмістом білка, кількістю та якістю клейковини в зерні. Значний вміст клейковини не лише поліпшує харчову цінність хліба, але є основною умовою хороших хлібопекарських якостей борошна. Клейковина або глютен (лат. *Gluten* — клей) – група запасуючих білків, виявлених в насінні злакових рослин, особливо пшениці, жита, вівса і ячменю. Термін «клейковина» позначає білки фракції проламінів і глютелінів, причому велика частина клейковини припадає на частку перших. Вміст клейковини в пшениці, проламіни якої отримали назву гліадину, доходить до 80 % [11].

Глютен – це структурний білок, який природним чином міститься в зерні. Хоча, як правило, «глютен» відноситься лише до білків пшениці, у літературі він відноситься до комбінації білків проламіну та глютеліну, які в природі містяться у всіх зернах і, як було доведено, здатні викликати целіакію. До них належать будь-які види пшениці (такі як м'яка пшениця, тверда пшениця, полба, спельта та однозернянка), ячмінь, жито та деякі сорти вівса, а також будь-які схрещені гібриди цих зернових культур (такі як тритикале) [13]. Клейковина становить 75–85 % від загального білка хлібної пшениці [14].

Глютени, особливо глютени *Triticeae*, мають унікальні в'язкопружні та адгезивні властивості, які надають тісту його еластичності, допомагають йому підніматися та зберігати форму [15]. Ці властивості та його відносно низька вартість роблять глютен цінним як для харчової, так і для нехарчової промисловості [16].

Пшеничний глютен складається в основному з двох типів білків: глютенінів і гліадинів, які, у свою чергу, можна розділити на високомолекулярні та низькомолекулярні глютеніни та α/β , γ і Ω гліадини. Гомологічні запасні білки насіння в ячмені називають гордеїнами; у жита секаліни; а в вівсі – авеніни. Ці класи білків спільно називаються «глютен». Запасні білки в інших зернах, таких як кукурудза (зеїни) і рис (рисовий білок), іноді називають глютенем, але вони не викликають шкідливих наслідків у людей з целіакією [17–19].

Хліб із зерен пшениці містить глютен, що може викликати побічні запальні, імунологічні та аутоімунні реакції у деяких людей. Спектр розладів, пов'язаних з глютенем, включає целіакію у 1–2 % загальної популяції, чутливість до глютену, не пов'язану з целіакією, у 0,5–13 % загальної популяції, а також герпетиформний дерматит, глютену атакію та інші неврологічні розлади [20, 21]. Ці розлади лікуються безглютеновою дієтою [22].

Глютен утворюється, коли молекули глютеніну зшиваються через дисульфідні зв'язки, утворюючи субмікроскопічну мережу, прикріплену до гліадину, що сприяє в'язкості (товщині) і розтяжності суміші.

Утворення глютену впливає на текстуру випічки [23]. Досяжна еластичність клейковини пропорційна вмісту в ній глютенінів з низькою молекулярною масою, оскільки ця частина містить переважання атомів сірки, відповідальних за зшивання в мережі клейковини [24].

Міцність і еластичність клейковини в борошні вимірюють у хлібопекарській промисловості за допомогою фаринографа. Це дає змогу пекарю вимірювати якість різних сортів борошна під час розробки рецептів для різноманітних хлібобулочних виробів [25].

Пшениця є основним джерелом харчування для багатьох людей, а білки пшениці є одними з найбільш широко споживаних дієтичних білків у світі. Однак за останні 20 років різко зросла занепокоєння з приводу розладів, пов'язаних із споживанням білків пшениці та/або пшеничної клейковини. Білки глютену пшениці та інгібітори трипсину амілази, які, як вважається, відповідальні за виникнення більшості кишкових та позакишкових симптомів у сприйнятливих людей. Хоча було запропоновано кілька підходів для зниження впливу глютену або імуногенних пептидів, що утворюються в результаті його перетравлення, жоден з них не виявився достатньо ефективним для загального використання в дієтах, безпечних для хворих на целиацію. Науковці обговорюють технологічні властивості білків пшениці, а також вплив використання ізолятів глютену у різних харчових системах та деякі аспекти використання безглютенових товарів [26].

Відомо, що білки пшениці, особливо інгібітори глютену та амілази-трипсину (АТІ), є відповідальними за широкий спектр непереносимості та алергії. Щоб оцінити вплив генетичної мінливості на склад цих функціональних, але імуногенних типів білків, набір різних видів *Triticum*, включаючи звичайну пшеницю, тверду пшеницю, спельту, полбу, було досліджено щодо концентрації АТІ та глютену за допомогою RP-HPLC. Крім того, інгібування трипсину визначали за допомогою ферментативного аналізу. Виходячи з результатів, жоден з досліджених видів пшениці не можна вважати менш «імуногенним». Тим не менш, через велику варіабельність кількості АТІ та глютену між різними генотипами, може бути можливим відбір менш імунореактивних сортів пшениці для осіб, які страждають на захворювання, пов'язані з пшеницею (WRD). Оцінено вплив селекції для створення нових різних сортів звичайної пшениці, результати показали значне покращення технологічно цінних параметрів, таких як кількість високомолекулярних (HMW) глютенінів і співвідношення гліадину до глютеніну, але не збільшення імуногенних білків [27].

Білки глютену можуть викликати реакції гіперчутливості. У спеціальних дієтичних продуктах людей з непереносимістю глютену їх кількість не має перевищувати нормативних порогових значень. Джерело глютену може впливати на кількісний аналіз глютену через мінливість білкового профілю сортів та видів зерна. Правильний еталонний матеріал має вирішальне значення для точного виміру глютену та оцінки ефективності аналізу. Досліджу-

вався вміст білка та клейковини з 23 сортів м'якої пшениці, що вирощуються по всьому світу. За якісними та кількісними критеріями відбору виділені сорти, що володіють типовим складом клейковини. Для отримання врожайного та якісного зерна в різних регіонах, важливо створювати інноваційні сорти зернових культур, які в умовах конкретного регіону дають стабільні врожаї, з високими показниками якості зерна [28].

При створенні високоврожайних, високоякісних сортів пшениці м'якої озимої на зрошуваних землях необхідно враховувати та обґрунтовувати групу стиглості, оскільки умови зрошення можуть задовольняти потреби рослин за різної тривалості вегетації.

Представлені в даній статті матеріали є продовженням публікацій досліджень, що пов'язані з залученням до гібридизації з місцевими сортами пшениці м'якої озимої більш пізньостиглих короткостеблових генотипів західноєвропейського екотипу з подовженим періодом вегетації та окремих міжфазних періодів, з підвищеним потенціалом урожайності [29].

Мета статті – встановити характер прояву ознаки «масова частка сирової клейковини в зерні» у ліній пшениці м'якої озимої, що створені з залученням пізньостиглих зразків західноєвропейського екотипу. Встановити кореляційно-регресійні моделі залежності клейковини зерна з тривалістю міжфазного періоду «цвітіння – стиглість зерна», урожайністю зерна та білковістю у елітних номерів в селекційних розсадниках.

Матеріали і методи досліджень. Польові дослідження проведені в Інституті зрошуваного землеробства НААН у 2019–2021 рр. Об'єктом досліджень були сучасні сорти пшениці озимої селекції Інституту, колекційні зразки західноєвропейського екотипу, що були інтродуковані з Франції (номери реєстрації Кф1...16) та гібриди, створені за їх участі. Індивідуальні добори елітних рослин з F₂ були доведені до контрольного розсадника і оцінені за показниками вмісту сирової клейковини, білковості зерна, урожайності, тривалості періоду «цвітіння – стиглість» та іншими господарськими ознаками. Біометричні виміри, біохімічні аналізи, обліки урожайності проводили за загальноновизнаними методиками [25, 26]. Методи досліджень – польові, лабораторні біохімічні, селекційно-генетичні, статистичні. Дослідження проводились в умовах зрошення за рівня передполівної вологості ґрунту в шарі 0–50 см 75 % НВ. Вміст клейковини визначали методом відмивання зразка у проточній воді (ДСТУ ISO 21415-1:2009 Пшениця та пшеничне борошно. Вміст клейковини. Ч. 1. Визначання сирової клейковини ручним способом)

Результати досліджень. Установлено, що мінімальний вміст сирової клейковини зерна номерів знаходився в межах 9,6...20,0 % (табл. 1). Максимальна частка сирової клейковини була зафіксована на рівні 33,2...38,8 % у ліній з гібридних популяцій Кф4-16/Овідій, Кф5-16/Ледя та Кф2-16/Херсонська безоста. За середніми показниками білковості відзначились комбінації Кф2-16/Херсонська безоста (28,1 %) та Кф4-16/Овідій (24,2 %).

Таблиця 1 – Параметри мінливості вмісту масової частки клейковини у селекційних номерів пшениці м'якої озимої контрольного розсадника, що створені з залученням західноєвропейських зразків (2019–2021 рр.)

Педігрі селекційних номерів (гібридна комбінація)	Параметри				
	Вміст клейковини, min...max, (%)	Середнє $\pm Sx$	Коефіцієнт мінливості клейковини, %	Кореляція вмісту клейковини з тривалістю періоду «цвітіння – стиглість», г	Кореляція вмісту клейковини з урожайністю, г
Кф 2-16 / Овідій	20,0...23,6	21,5 \pm 0,4	5,9	0,362	-0,196
Кф4-16 / Овідій	9,6...38,8	24,2 \pm 1,9	30,4	-0,275	0,329
Кф2-16 / Х.без.	11,2...33,2	28,1 \pm 1,2	23,8	-0,147	0,221
Кошова / Кф2-16	18,4...26,4	22,5 \pm 0,9	12,4	0,025	0,137
Кф5-16 / Ледя	9,6...37,6	21,6 \pm 1,1	33,3	0,133	0,141
За всіма комбінаціями	9,6...38,8	23,5 \pm 0,5	21,1	-0,075	0,071

Параметри мінливості вмісту клейковини в межах гібридних комбінацій були достатньо високими. Коефіцієнт варіації вмісту клейковини у селекційних номерів був на достатньо високому рівні у гібридних комбінацій Кф4-16 / Овідій (30,4 %), Кф5-16/Ледя (7,69 %), Кф5-16/Ледя (33,3 %), Кф2-16/Херсонська безоста (23,8 %), що свідчить про можливу високу ефективність доборів за показниками вмісту клейковини. Особлива перспектива доборів можлива з гібридних популяцій, що мають високі внутрішньо-популяційні мінливості клейковини та високі індивідуальні показники у окремих селекційних номерів (Кф4-16/Овідій, Кф5-16/Ледя, Кф2-16/Херсонська безоста).

Розрахунки коефіцієнту кореляції між вмістом клейковини та тривалістю періоду «цвітіння – стиглість» у селекційних номерів показали низьку залежність між цими ознаками. Так, коефіцієнти кореляції знаходились на рівні від -0,275 до 0,362, що вказує на можливість доборів за вмістом клейковини у всіх групах з різною тривалістю періоду «цвітіння – стиглість». Найбільш висока позитивна кореляція цих ознак спостерігалась у номерів гібридної комбінації Кф2-16 / Овідій ($r = 0,362$), проте слід відзначити, що у номерів цієї комбінації був найменший розмах мінливості вмісту клейковини (20,0...23,6 %) та найменший показник варіації ознаки (5,9 %), що ставить під сумнів перспективнефективнихдобрівгенотипівзцієїкомбінації. В цілому, кореляційна мінливість тривалості періоду «цвітіння – стиглість» з показником хлібопекарської якості вказує на можливість незалежного добору за цими показниками.

Кореляція вмісту клейковини та урожайності зерна селекційних номерів також була на низькому рівні (від -0,196 до 0,329). В середньому за комбінаціями кореляція була відсутня ($r = 0,071$). Позитивна слабка кореляція була зафіксована у гібридних комбінацій Кф4-16/Овідій та Кф2-16/Херсонська безоста ($r = 0,329$ та $0,221$ відповідно), що вказує на можливість одночасного добору за урожайністю та вмістом сирої клейковини. У ліній з цих комбінацій відмічені і найбільш високі показники клейковини (38,8 та 33,2 %). Такі кореляції цих ознак вказують на можливість одночасного добору на зернову продуктивність та хлібопекарську якість зерна.

Більш детальний аналіз кореляційно-регресійних взаємозв'язків міжфазного періоду «цвітіння – стиглість» і масової частки клейковини зерна у загальній вибірці селекційних номерів показав, що існує дуже слабка від'ємна залежність цих ознак (рис. 1). Встановлено, що частка клейковини проявляється у селекційних номерів з тривалістю періоду «цвітіння – стиглість» в межах 44–52 доби майже з однаковою частотою.

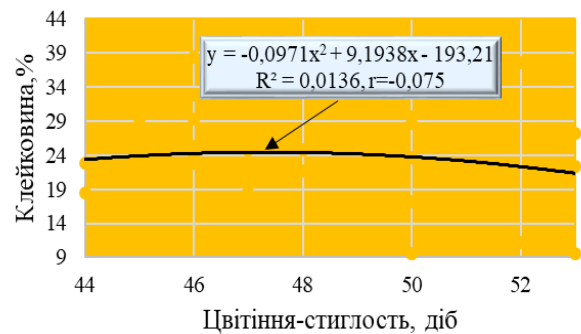


Рис. 1. Кореляційно-регресійна модель залежності міжфазного періоду «цвітіння-стиглість» і частки клейковини у загальній вибірці селекційних номерів

Був проведений аналіз кореляційно-регресійних моделей залежності міжфазного періоду «цвітіння – стиглість» і вмісту клейковини у селекційних номерів, що відібрані з окремих гібридних популяцій. Так, у ліній з гібридної популяції Кф2-16/Овідій встановлена майже прямолінійна залежність між цими ознаками, хоч і на низькому рівні значущості (рис. 2). Коефіцієнт кореляції становив 0,362, проте не відмічений певний рівень градації періоду «цвітіння – стиглість» з максимальним високим проявом вмісту клейковини у сімей з цієї гібридної популяції. Вміст клейковини підвищується з подовженням тривалості репродуктивного періоду вегетації, проте, зростання вмісту клейковини у пізностиглих ліній було обмежено 22...24 %, що недостатньо для високого хлібопекарської якості зерна. Тому дана гібридна комбінація не може рекомендуватись для доборів високоякісних генотипів.

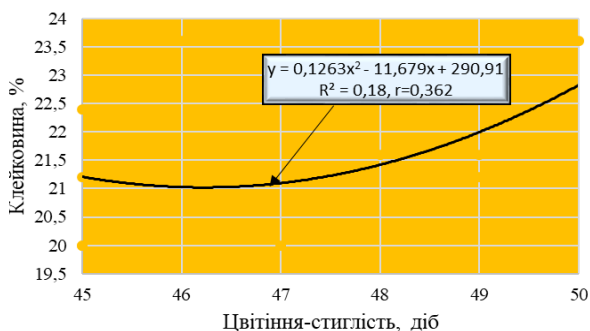


Рис. 2. Кореляційно-регресійна модель залежності міжфазного періоду «цвітіння – стиглість» і клейковини зерна у селекційних номерів, що дібрані з гібридної популяції Кф4-16 / Овідій

У ліній, дібраних з гібридної популяції Кф4-16/ Овідій, залежність тривалості періоду «цвітіння – стиглість» і клейковини носить переважно криволінійний характер (рис. 3). Проводити результативні добори генотипів з високим вмістом клейковини можливо в групах стиглості з тривалістю періоду «цвітіння – стиглість» в межах 46...48 дб. Така тривалість репродукційного періоду вегетації може забезпечити частку сирової клейковини зерна дібраних генотипів в межах 32...34 %.

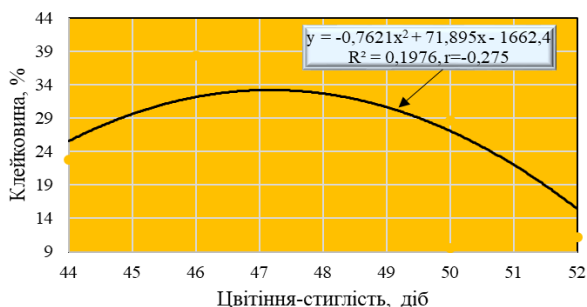


Рис. 3. Кореляційно-регресійна модель залежності міжфазного періоду «цвітіння – стиглість» і клейковини зерна у селекційних номерів, що дібрані з гібридної популяції Кф4-16 / Овідій

Білки клейковини (запасні білки) сумарно складають 80...85% від загального вмісту білка в зерні пшениці. Тому, цілком прогнозовано, що кореляція білковості і вмісту сирової клейковини повинна бути високою. В наших дослідженнях це підтверджується. Залежність білковості і частки клейковини в загальній вибірці була практично прямолінійною (рис. 4). Коефіцієнт кореляції становив 0,517, що вказує прерогативу добору за показником білковості зерна. Наші дані підтверджуються і іншими дослідженнями де встановлено пряму кореляційну залежність ($r=0,88$) масової частки клейковини від вмісту білка в зерні пшениці [30].

У інших гібридних комбінацій простежувалась аналогічна залежність і коефіцієнт кореляції між білковістю зерна і вмістом сирової клейковини не знижувався позначки $r=0,429$ (рис. 5).

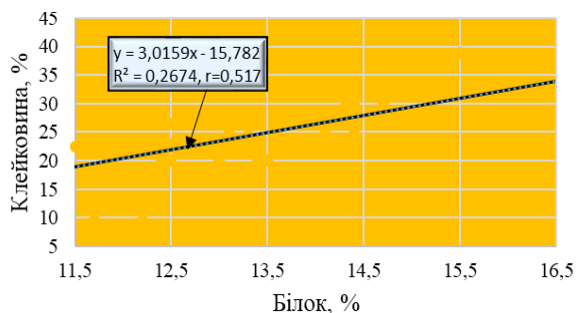


Рис. 4. Кореляційно-регресійна модель залежності клейковини і білковості зерна у загальній вибірці селекційних номерів

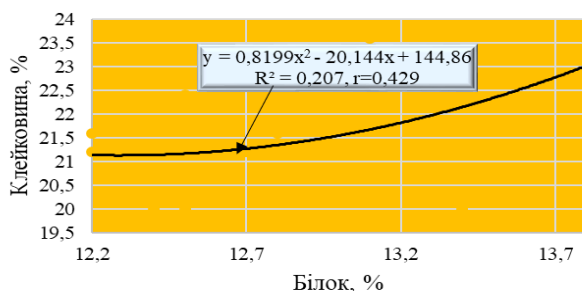


Рис. 5. Кореляційно-регресійна модель залежності білок і клейковини зерна у селекційних номерів, що дібрані з гібридної популяції Кф2-16 / Овідій

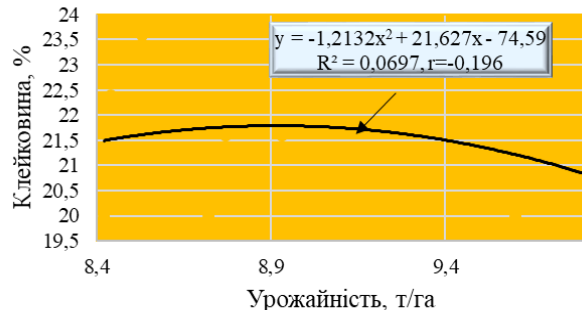


Рис. 6. Кореляційно-регресійна модель залежності урожайності і клейковини зерна у селекційних номерів загальної вибірки

Розрахунок кореляційно-регресійної моделі залежності урожайності і вмісту клейковини у селекційних номерів, що відібрані з гібридної популяції Кф4-16/Овідій, показав, що підвищення урожайності зерна понад 8 т/га призводить до підвищення вмісту клейковини понад 30 % (рис. 7). Проте, рівень потенційної урожайності селекційних номерів цієї гібридної популяції досить обмежений – в межах 8,2–8,5 т/га, що є значною проблемою доборів перспективних хлібопекарських сортів з гібридних популяцій з таким педігрі.

Найбільш перспективною для доборів на урожайність та високу хлібопекарську якість зерна показала гібридна популяція Кф2-16/Херсонська безоста (рис. 8). І хоч лінійна кореляція була слабко позитивною ($r = 0,221$), проте, з наближенням уро-

жайності зерна у селекційних номерів до позначки 10 т/га, клейковина зерна дещо знижувалась, але не нижче 28 %. Ця гібридна комбінація була найбільш перспективною для доборів на підвищення продуктивності та хлібопекарської якості зерна, хоч і її не оминула тенденція обмеження клейковини при зростанні урожайності зерна.

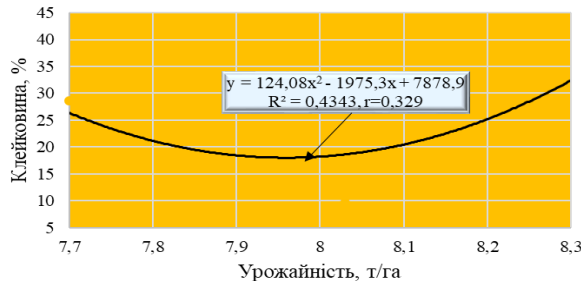


Рис. 7. Кореляційно-регресійна модель залежності урожайності і клейковини зерна у селекційних номерів, що дібрані з гібридної популяції Кф4-16 / Овідій

Загалом, можна зробити висновок, що паралельне підвищення урожайності зерна і хлібопекарської якості зерна за індивідуальних доборів з певних гібридних популяцій може існувати, проте, така позитивна висока залежність у більшості комбінацій пов'язана з нижчою урожайністю зерна базових гібридних популяцій або ж з низькими показниками вмісту сирієї клейковини. Селекційна перспективність таких комбінацій низька, якщо концентрувати добори за показниками урожайності та технологічної якості зерна.

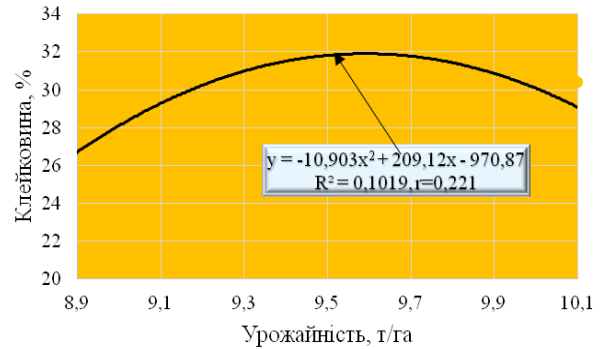


Рис. 8. Кореляційно-регресійна модель залежності урожайності і клейковини зерна у селекційних номерів, що дібрані з гібридної популяції Кф2-16/Херсонська безоста

За результатами комплексної оцінки перспективних номерів було ідентифіковано лінії, що поєднують цінні господарські ознаки (табл. 2).

Найбільш перспективними виявились гібридні популяції Кф2-16/Херсонська безоста. Доборами з цієї гібридної популяції вдалося добрати лінії, що мали комплекс позитивних ознак. Так, лінії 18-681, 18-6694, 18-6704 за урожайності зерна 9,45...10,10 т/га, мали білковість зерна 14,7...16,6 %, клейковини – 30,4...32,8 %, достатньо високу стійкість до грибних хвороб (*Blumeria graminis* F. sp. tritici (Bgt) та *Septoria tritici* Rob. Et Desm.) і достатньо високу стійкість до вилягання при зрощенні.

Достатньо високі господарські показники були зафіксовані у лінії з комбінації Кф5-16/Ледя. Проте, тільки у одній лінії 18-776 висока урожайність поєднувалась з білковістю (13,1 %),

Таблиця 2 – Характеристика кращих селекційних номерів пшениці м'якої озимої контрольного розсадника за господарськими показниками, що створені з залученням західноєвропейських зразків (2019-2021 рр.)

Педігрі гібридної популяції	Номер лінії	Параметри						
		Урожайність зерна, т/га	Показники якості зерна		Тривалість періоду «цвітіння – стиглість», дів	Стійкість до хвороб, бал		Стійкість до вилягання, бал
			білко-вість, %	клейковина, %		борошняста роса (<i>Blumeria graminis</i> F. sp. tritici (Bgt))	септоріоз (<i>Septoria tritici</i> Rob. Et Desm.)	
Кф2-16 / Овідій	18-607	9,03	13,8	23,6	50	7,2	7,4	4,5
	18-626	8,42	13,4	20,0	47	7,1	7,7	4,0
	18-629	8,53	13,1	23,6	46	7,8	8,2	5,0
Кф4-16 / Овідій	18-644	7,67	13,6	–	45	7,8	7,6	5,0
	18-649	8,04	13,9	21,2	52	6,5	6,8	5,0
	18-658	8,12	15,5	38,8	51	7,3	7,9	4,5
Кф2-16 / Херсон. безоста	18-681	10,10	14,7	30,4	49	8,1	7,6	4,5
	18-694	9,39	15,3	32,8	46	8,3	8,2	5,0
	18-704	9,45	16,6	32,4	49	8,7	7,4	5,0
Кошова / Кф2-16	18-706	9,77	13,6	25,2	46	7,8	8,0	5,0
	18-720	9,42	13,5	20,0	47	7,3	7,8	4,5
	18-728	9,40	14,4	24,8	45	8,4	8,1	5,0
Кф5-16 / Ледя	18-752	10,28	13,0	22,8	49	7,3	7,4	4,5
	18-753	10,80	14,1	24,8	48	7,5	7,9	5,0
	18-776	9,98	13,1	37,6	52	7,1	7,5	5,0

клейковиною (37,6 %), помірною стійкістю до хвороб та вилягання.

Деякі лінії з комбінацій Кошова/Кф2-16, Кф5-16/Ледя, Кф2-16/Овідій мали досить високий потенціал урожайності (9,03...10,80 т/га), високий вміст білка (13,8...14,1 %), проте, масова частка клейковини була на незадовільному рівні – 23...24 %. У деяких ліній, за високої білковості зерна, клейковина взагалі не відмивалась (лінія 18-644). Це вказує на те, що хлібопекарські якості зерна пшениці не обмежуються вмістом білка та масовою часткою клейковини. Питанням створення сортів пшениці з поліпшеними хлібопекарськими якостями присвячені дослідження О.І. Рибалки в яких акцентується проблема поєднання кількості та якості клейковини [1]. Проте, на сьогодні масова частка клейковини в зерні пшениці залишається одним із основних експресних показників хлібопекарських якостей зерна пшениці.

Тривалість періоду «цвітіння – стиглість» коливалась у кращих номерів в межах 45...52 доби і в кожній вихідній гібридній комбінації були свої оптимуми, що детермінували високу урожайність, високу якість зерна, стійкість до біотичних та абіотичних уражень.

Високі значення урожайності та якості зерна у ліній з комбінації Кф2-16 / Херсонська безоста спостерігались за тривалості періоду «цвітіння – стиглість» 46...49 дб, у ліній з комбінацій Кф2-16/Овідій та Кф4-16/Овідій – за тривалості періоду 50...51 доба. Отже, можемо констатувати, що подовження тривалості періоду «цвітіння – стиглість» дещо підвищує урожайність зерна у селекційних номерів з окремих гібридних популяцій, проте на якість зерна такий вплив малозначущий.

Виходячи з вищевикладеного, при проведенні доборів за хлібопекарською якістю та урожайністю зерна необхідно враховувати можливі кореляційно-регресійні моделі між ними та тривалістю міжфазного періоду «цвітіння – стиглість» у окремих гібридних комбінацій.

Висновки. Встановлено характер прояву ознаки «кількість сирої клейковини» у селекційних номерів, що дібрані з гібридних популяцій за участі західноєвропейських екотипів пшениці м'якої озимої, кореляційно-регресійні моделі залежності вмісту клейковини, урожайності зерна та тривалості періоду «цвітіння – стиглість».

Одночасне підвищення урожайності та хлібопекарської якості зерна традиційними доборами можливе, проте таке синхронне підвищення цих ознак більш придатне для гібридних гетерогенних популяцій з заниженими параметрами прояву клейковини (23...25 %) та урожайності (7,5...8,5 т/га), або ж за однією з ознак.

Для кожної гібридної популяції, що створена за участі контрастних за тривалістю вегетації батьківських компонентів, необхідно розробляти специфічний план доборів з урахуванням внутрішньо популяційних кореляційно-регресійних моделей урожайності, білковості зерна та тривалості періоду «цвітіння – стиглість».

Тривалість періоду «цвітіння – стиглість» коливалась у кращих номерів в межах 45...52 доби і в кожній вихідній гібридній комбінації були свої оптимуми, що детермінували високу урожайність, стійкість до грибних хвороб та хлібопекарську якість. Подовження тривалості періоду «цвітіння – стиглість» дещо підвищує урожайність зерна у селекційних номерів, що дібрані з окремих гібридних популяцій, проте на хлібопекарську якість зерна та толерантність до біотичних та абіотичних стресових чинників такий вплив малозначущий.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Рибалка О. І. Якість пшениці та її поліпшення. К.: Логос, 2011. 496 с.
2. Demydov O., Hudzenko V., Pravdziva I., Siroshstan A., Volohdina H., Zaima O., Suddenko Y. Manifestation and variability level of yield and grain quality indicators in winter bread wheat depending on natural and anthropogenic factors. *Romanian agricultural research*. 2022. № 39. С.2–11.
3. Ст. 10 ЗУ Про охорону прав на сорти рослин. Права на сорти від 21.04.1993. № 3116-XII.
4. Тимчук В. М., Цехмestрук М. Г., Матвієць В. Г. та ін. Зерновий комплекс України : стан та перспективи. *Аграрний тиждень. Україна*. 2014. № 5/6. С. 28–31.
5. Литвиненко М. А. Роль сорту, як фактора виробництва зерна пшениці м'якої озимої. *Насінництво*. 2015. № 5–6. С. 10–13.
6. Волощук І. С. Оцінка сортів пшениці м'якої озимої за показниками якості зерна в Західному Лісостепу. *Миронівський вісник*. 2018. № 7. С.6–14.
7. Кирильчук А. М., Ковальчук С. О. Селекція на кількісні та якісні показники пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.). Розширення генетичного різноманіття культурної пшениці. *Агроєкологічний журнал*. 2021. № 2. С.140–148.
8. Колючий В. Т., Чебаков М. П., Власенко В. А. Характеристика сортів пшениці. *Селекція, насінництво і технологія вирощування зернових колосових культур у Лісостепу України*. К.: Аграрна наука. 2007. С. 324–327.
9. Білоусова З. В., Кліпакова Ю. О. Технологічні властивості зерна інтенсивних сортів пшениці озимої. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Технічні науки*. 2019. № 19, т. 1. С.262–269.
10. Boltenko Y.A., Myachikova N.I., Binkovskaya O.V., Remnev A. I., Semchenko I. V. Impact of baking properties of wheat flour on change the parameters of kneading and rheological characteristics of the dough. *EurAsian Journal of BioSciences*. 2019. № 13. С.1067–1070.
11. Барсукова О. А., Вінницька О. С. Динаміка вмісту білка і клейковини в зерні пшениці в Одеській області. *Вісник Гідрометцентру Чорного та Азовського морів*. 2020. № 24(1). С.102–109.
12. Насіковський В. А., Ящук Н. О. Залежність показників кількості клейковини та сили борошна в процесі зберігання зерна пшениці. *Научные труды SWorld*. 2015. № 23 (1). С. 95–98.
13. Biesiekierski J.R. «What is gluten?». *J. Gastroenterol Hepatol (Review)*. 2017. 32. Suppl 1. P. 78–81. doi:10.1111/jgh.13703.

14. Shewry P. R., Halford N. G., Belton P. S., Tatham A. S. «The structure and properties of gluten: An elastic protein from wheat grain». *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2002. № 357 (1418). P. 133–142. doi:10.1098/rstb.2001.1024.
15. Lamacchia C., Camarca A., Picascia S., Di Luccia A., Gianfrani C. «Cereal-based gluten-free food: how to reconcile nutritional and technological properties of wheat proteins with safety for celiac disease patients». *Nutrients* (Review). 2014. Jan 29. № 6 (2). P. 575–90. doi:10.3390/nu6020575. PMC 3942718.
16. Day L., Augustin M. A., Batey I. L., Wrigley C. W. «Wheat-gluten uses and industry needs». *Trends in Food Science & Technology* (Review). 2006. February. № 17 (2). P. 82–90. doi:10.1016/j.tifs.2005.10.003.
17. Blonstein A. D., King P. J. *A Genetic Approach to Plant Biochemistry*. Springer Science & Business Media. 2011. 308 p. ISBN-13: 978-3709174630.
18. Hhao Hefei. Comparison of wheat, soybean, rice, and pea protein properties for effective applications in food products. *Journal of Food Biochemistry*. 2020. February. № 44 (4). e13157. doi:10.1111/jfbc.13157.
19. Rosentrater Kurt A., Evers A. D. Chemical components and nutrition. *Kents Technology of Cereals*. 2018. P. 267–368. doi:10.1016/B978-0-08-100529-3.00004-9.
20. Lundin K. E., Wijmenga C. Coeliac disease and autoimmune disease-genetic overlap and screening. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 2015. Sep. № 12 (9). P.507–515. doi:10.1038/nrgastro.2015.136.
21. Molina-Infante J., Santolaria S., Montoro M., Esteve M., Fernández-Bañares F. Sensibilidad al gluten no celiaca: una revisión crítica de la evidencia actual. *Gastroenterología y Hepatología*. 2014. № 37 (6). P. 362–371. DOI: 10.1016/j.gastrohep.2014.01.005.
22. Zis P., Hadjivassiliou M. Treatment of Neurological Manifestations of Gluten Sensitivity and Coeliac Disease. *Curr Treat Options Neurol* (Review). 2019. 26 February. № 21(3). P. 10. doi:10.1007/s11940-019-0552-7.
23. Woychick J. H., Boundy J. A., Dimler R. J. Starch gel electrophoresis of wheat gluten proteins with concentrated urea. *Arch Biochem Biophys*. 1961. № 94. P.477–482.
24. Edwards N. M., Mulvaney S. J., Scanlon M. G., Dexter J. E. Role of Gluten and Its Components in Determining Durum Semolina Dough Viscoelastic Properties. *Cereal Chemistry*. 2003. November. № 80 (6). P. 755–763. doi:10.1094/CCHEM.2003.80.6.755.
25. Decock P., Cappelle S. Bread technology and sourdough technology. *Trends in Food Science & Technology*. 2005. №16(1-3). P.113-120.
26. Rustgi S., Shewry P., Brouns F., Deleu L.J., Delcour J.A. 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*. 2019. № 18(6). C.1751–1769. DOI: 10.1111/1541-4337.12493.
27. Call L., Kapeller M., Grausgruber H., Reiter E., Schoenlechner R., D'Amico S. Effects of species and breeding on wheat protein composition. *Journal of Cereal Science*, 2020. № 93. 102974. DOI: 10.1016/j.jcs.2020.102974.
28. Sh K. N. et al. Selection of early bread wheat lines based on studying the time of development. *International scientific and Technical journal "Innovation technical and Technology"*. 2020. Т. 1. №. 2. С. 69–71.
29. Жупина А. Ю., Базалій Г. Г., Усик Л. О., Марченко Т.Ю., Лавриненко Ю.О. та ін. Успадкування висоти рослин гібридами пшениці озимої різного еколого-генетичного походження в умовах зрошення. *Аграрні інновації*. 2021. № 10. С. 122–129. doi: 10.32848/agrar.innov.2021.10.19.
30. Протопіш І. Г. Оцінювання взаємозв'язків показників якості зерна пшениці озимої. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 3. С. 72–75.

REFERENCES:

- Rybalka, O.I. (2011). Yakist pshenytsi ta yii polipshennia [Wheat quality and its improvement]. Kyiv: Logos, 496 [in Ukrainian].
- Demydov, O., Hudzenko, V., Pravdziva, I., Siroshstan, A., Volohdina, H., Zaima, O. & Suddenko, Y. (2022). Manifestation and variability level of yield and grain quality indicators in winter bread wheat depending on natural and anthropogenic factors. *Romanian agricultural research*, 39, 2–11
- St. 10 ZU Pro okhoronu prav na sorty roslyn [10 of the Law on Protection of Rights to Plant Varieties]. *Prava na sorty vid 21.04.1993 – Art. Rights to varieties dated. 21.04.1993*. 3116-XII [in Ukrainian].
- Tymchuk, V.M., Tsekhmestruk, M.H., & Matviiets, V.H. (2014). Zernovyi kompleks Ukrainy : stan ta perspektyvy [Grain complex of Ukraine: state and prospects]. *Ahrarnyi tyzhden. Ukraina – Agrarian week. Ukrain*, 5/6, 28–31 [in Ukrainian].
- Lytvynenko, M.A. (2015). Rol sortu, yak faktora vyrobnytstva zerna pshenytsi miakoi ozymoi [The role of the variety as a factor in the production of soft winter wheat grain]. *Nasinnystvo – Seed production*, 5–6, 10–13 [in Ukrainian].
- Voloshchuk, I.S. (2018). Otsinka sortiv pshenytsi miakoi ozymoi za pokaznykamy yakosti zerna v Zakhidnomu Lisostepu [Assessment of soft winter wheat varieties according to grain quality indicators in the Western Forest Steppe]. *Myronivskyi visnyk – Myronivskyi herald*, 7, 6–14 [in Ukrainian].
- Kyrylchuk, A.M. & Kovalchuk, S.O. (2021). Seleksiia na kilkisni ta yakisni pokaznyky pshenytsi ozymoi (*Triticum aestivum* L.) [Breeding for quantitative and qualitative indicators of winter wheat (*Triticum aestivum* L.)]. Expanding the genetic diversity of cultivated wheat [Rozshyrennia henetychnoho riznomanittia kulturnoi pshenytsi. *Ahroekolohichniy zhurnal – Agroecological journal*, 2, 140–148 [in Ukrainian].
- Koliuchyi, V.T., Chebakov, M.P., & Vlasenko, V.A. (2007). *Kharakterystyka sortiv pshenytsi. Seleksiia, nasinnystvo i tekhnolohiia vyroshchuvannia zernovykh kolosovykh kultur u Lisostepu Ukrainy [Kharakterystyka sortiv pshenytsi. Seleksiia, nasinnystvo i tekhnolohiia vyroshchuvannia zernovykh kolosovykh kultur u Lisostepu Ukrainy]*. Kyiv: Agrarna nauka, 324–327 [in Ukrainian].
- Bilousova, Z.V. & Klipakova, Yu.O. (2019). Tekhnolohichni vlastyvoli zerna intensyvnnykh sortiv

- pshenytsi ozymoi [Technological properties of grain of intensive varieties of winter wheat]. *Pratsi Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu. Tekhnichni nauky – Proceedings of the Tavri State Agro-Technological University. Technical sciences*, 19(1), 262–269 [in Ukrainian].
10. Boltenko, Y.A., Myachikova, N.I., Binkovskaya, O.V., Remnev, A.I. & Semchenko, I.V. (2019). Impact of baking properties of wheat flour on change the parameters of kneading and rheological characteristics of the dough. *EurAsian Journal of BioSciences*, 13, 1067–1070
11. Barsukova, O.A. & Vinnytska, O.S. (2020). Dynamics of protein and gluten content in wheat grains in Odesa region [Dynamika vmistu bilka i kleikovyny v zerni pshenytsi v Odeskii oblasti]. *Visnyk Hidromettsentru Chornoho ta Azovskoho moriv – Bulletin of the Hydrometeorological Center of the Black and Azov Seas*, 24(1), 102–109 [in Ukrainian].
12. Nasikovskiy, V.A. & Yashchuk, N.O. (2015). Zalezhnist pokaznykiv kilkosti kleikovyny ta syly boroshna v protsesi zberihannia zerna pshenytsi [Dependence of indicators of the amount of gluten and strength of flour during the storage of wheat grain]. *Nauchnye trudu SWorld – Scientific works of SWorld*, 23 (1), 95–98 [in Ukrainian].
13. Biesiekierski, J.R. (2017). «What is gluten?». *J. Gastroenterol Hepatol* (Review), 32(1), 78–81. doi:10.1111/jgh.13703
14. Shewry, P.R., Halford, N.G., Belton, P.S. & Tatham, A.S. (2002). The structure and properties of gluten: An elastic protein from wheat grain. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 357 (1418), 133–142. doi:10.1098/rstb.2001.1024
15. Lamacchia, C., Camarca, A., Picascia, S., Di Luccia, A. & Gianfrani, C. (2014). «Cereal-based gluten-free food: how to reconcile nutritional and technological properties of wheat proteins with safety for celiac disease patients». *Nutrients* (Review), 29, 6(2), 575–90. doi:10.3390/nu6020575. PMC 3942718
16. Day, L., Augustin, M.A., Batey, I.L., & Wrigley, C.W. (2006). «Wheat-gluten uses and industry needs». *Trends in Food Science & Technology* (Review), 17(2), 82–90. doi:10.1016/j.tifs.2005.10.003
17. Blonstein, A.D. & King, P.J. (2011). *A Genetic Approach to Plant Biochemistry*. Springer Science & Business Media. 308 p. ISBN-13: 978-3709174630
18. Hhao, Hefei. (2020). Comparison of wheat, soybean, rice, and pea protein properties for effective applications in food products. *Journal of Food Biochemistry*, 44(4). e13157. doi:10.1111/jfbc.13157
19. Rosentrater, Kurt A. & Evers, A.D. (2018). Chemical components and nutrition. *Kents Technology of Cereals*, 267–368. doi:10.1016/B978-0-08-100529-3.00004-9
20. Lundin, K.E. & Wijmenga, C. (2015). Coeliac disease and autoimmune disease-genetic overlap and screening. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*, 12(9), 507–515. doi:10.1038/nrgastro.2015.136
21. Molina-Infante, J., Santolaria, S., Montoro, M., Esteve, M., Fernández-Bañares, F. (2014). Sensibilidad al gluten no celiaca: una revision crítica de la evidencia actual. [Non-celiac gluten sensitivity: a critical review of the current evidence.] *Gastroenterología y Hepatología*, 37 (6), 362–371. DOI: 10.1016/j.gastrohep.2014.01.005 [in Spanish].
22. Zis, P. & Hadjivassiliou, M. (2019). Treatment of Neurological Manifestations of Gluten Sensitivity and Coeliac Disease. *Curr Treat Options Neurol* (Review), 21(3), 10. doi:10.1007/s11940-019-0552-7
23. Woychick, J.H., Boundy, J.A., & Dimler, R.J. (1961). Starch gel electrophoresis of wheat gluten proteins with concentrated urea. *Arch Biochem Biophys*, 94, 477–482
24. Edwards, N.M., Mulvaney, S.J., Scanlon, M.G. & Dexter, J.E. (2003). Role of Gluten and Its Components in Determining Durum Semolina Dough Viscoelastic Properties. *Cereal Chemistry*, 80(6), 755–763. doi:10.1094/CCHEM.2003.80.6.755
25. Decock, P., & Cappelle, S. (2005). Bread technology and sourdough technology. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1–3), 113–120
26. 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*, 18(6), 1751–1769. doi: 10.1111/1541-4337.12493
27. Call, L., Kapeller, M., Grausgruber, H., Reiter, E., Schoenlechner, R. & D'Amico, S. (2020). Effects of species and breeding on wheat protein composition. *Journal of Cereal Science*, 93, 102974. doi: 10.1016/j.jcs.2020.102974
28. Sh, K.N. (2020). Selection of early bread wheat lines based on studying the time of development. *International scientific and Technical journal "Innovation technical and Technology"*, 1(2), 69–71
29. Zhupyna, A.Yu., Bazalii, H.H., Usyk, L.O., Marchenko, T.Iu., & Lavrynenko, Yu.O. (2021). Uspadkuvannia vysoty roslyn hibrydamy pshenytsi ozymoi riznoho ekoloho-henetychnoho pokhodzhennia v umovakh zroshennia [Inheritance of plant height by winter wheat hybrids of different ecological and genetic origin under irrigation conditions]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian innovations*, 10, 122–129. doi: 10.32848/agrar.innov.2021.10.19 [in Ukrainian].
30. Protopish, I.H. (2016). Otsiniuvannia vzaiemozviazkiv pokaznykiv yakosti zerna pshenytsi ozymoi [Evaluation of interrelationships of grain quality indicators of winter wheat]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Herald of Agrarian Science*, 3, 72–75 [in Ukrainian].