

СОБКО Т.О.^{1,2✉}, ЛІСОВА Г.М.², БЛАГОДАРОВА О.М.³¹ ДУ «Інститут харчової біотехнології і геноміки НАН України»,
Україна, 04123, м. Київ, вул. Осиповського, 2а² Інститут захисту рослин НААН України,
Україна, 03022, м. Київ, вул. Васильківська, 33, e-mail: mail_gl@ukr.net³ Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення,
Україна, 65036, м. Одеса, Овідіопольська дор., 3

✉ tsobko@meta.ua, (050) 206-59-27

ПОЛІМОРФІЗМ ЛОКУСІВ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ГЛЮТЕНІНУ У МІСЦЕВИХ СТАРОДАВНІХ ПШЕНИЦЬ *TRITICUM AESTIVUM* L. УКРАЇНИ

Мета. Дослідити алельну мінливість локусів високомолекулярного глютеніну *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-D1* у генетичному пулі українських стародавніх пшениць *Triticum aestivum* L. **Методи.** Досліджено генотип за *Glu-1* локусами у 54 колекційних зразків пшениці м'якої озимої, включаючи 41 сортову популяцію місцевих пшениць (Кримка місцева, Банатка, Гірка, Тейка та інш.) та 13 селекційних сортів, що були створені на початку минулого століття добром з місцевих пшениць. Для фракціонування ВМ глютенінів використовували SDS-PAG електрофорез за методикою Laemmli. **Результати.** Ідентифіковано 11 алельних варіантів глютенін-кодуєчих локусів, у т. ч. 3 алелі за локусами *Glu-A1* (*a*, *b*, *c*) та *Glu-D1* (*a*, *b*, *d*), та 5 - за локусом *Glu-B1* (*c*, *u*, *an*, *aj* та субодинаця 9). Виявлено відмінності між алелями локусів за частотою, з якою вони набули розповсюдження серед сортів. **Висновки.** У генетичному пулі українських озимих місцевих пшениць найбільшого розповсюдження набули алелі *Glu-A1a* (43,3%), *Glu-A1b* (40,5%), *Glu-B1c* (58%), *Glu-B1u* (23%), *Glu-D1d* (48,6%), *Glu-D1a* (47,2%), які (за винятком алелі *Glu-D1a*) є переважаючими і в сучасному сортовому генофонді українських пшениць. Відмітною ознакою стародавніх українських пшениць є рідкісні алельні варіанти локусу *Glu-B1*, що кодуєть субодинаці 1Ву8 (алель *Glu-B1aj*) та 1Ву9.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., озима пшениця, стародавні сорти, високомолекулярний глютенін, алелі.

Наукова селекція провідної зернової культури світу пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.) на першому етапі свого розвитку базувалася на використанні генетичного різноманіття місцевих пшениць, носіїв первинної базової структу-

ри генома, що склалася внаслідок доместикації культури [1]. Тривала еволюція, вплив природного і штучного (народної селекції) добору, сприяли формуванню у місцевих пшениць стійких мультилокусних асоціацій генів та їх алелей, які забезпечували їх поширення, адаптацію до певних ґрунтово-кліматичних умов та формування необхідного рівня важливих господарських ознак. Як свідчить аналіз родоводів, генетичною базою фактично всіх сортів пшениці м'якої озимої, виведених у селекційних установах України, а також багатьох країнах Старого і Нового Світу, стали сортові популяції українських місцевих стародавніх пшениць Кримки місцевої, Тейки, Гірки, Банатки, Сандомірки та багато інших [2].

Нині генофонд місцевих пшениць залишається потенційним джерелом генетичного різноманіття, генів та алелей цінних ознак та властивостей, зокрема генів адаптивності, які ще не були залучені у селекцію [3]. Всебічне дослідження генетичного пулу місцевих пшениць, збереження та ефективного використання його різноманіття при створенні нових сортів є одним з стратегічних напрямків у вирішенні проблеми генетичної ерозії сучасного генофонду культури пшениці *T. aestivum*.

Значний інтерес викликає дослідження генофонду місцевих пшениць щодо мінливості ознак, які є ключовими для культури м'якої пшениці. Унікальною властивістю м'якої пшениці, яка сприяла її світовому розповсюдженню, є її здатність до хлібопечення. Хлібопекарські властивості пшениці визначаються, насамперед, фізичними властивостями клейковинного комплексу, який утворюють запасні (клейковинні) білки зерна пшениці – мономерні гліадини та комплекс високоагрегованих глютенінів (високо- та низькомолекулярних). Генетична різно-

манітність цих білків забезпечує формування широкого спектру властивостей борошна та тіста пшениці. Вирішальна роль у формуванні якості клейковини належить глютенінам, зокрема субодинаціям високомолекулярного глютеніну (ВМГ). Здатні до полімерізації за рахунок утворення міжмолекулярних зв'язків, вони беруть участь у формуванні полімерного білкового каркасу клейковини і відповідають за важливі властивості тіста – пружність та еластичність [4].

Генетичний контроль субодинацій високомолекулярного глютеніну здійснюється локусами *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-D1*, що розташовані на довгих плечах хромосом першої гомеологічної групи проксимально центромери [5]. Кожний локус містить два тісно зчеплені гени, що контролюють глютеніни різної молекулярної маси, так звані субодинації *x*- та *y*-типу, а саме: субодинації *Ax*, *Bx*, *Dx* та субодинації з меншою молекулярною масою *Ay*, *By*, *Dy* відповідно. У гексаплоїдній пшениці гени, що кодують субодинацію *1Ay* локусу *Glu-A1* не експресуються. На електрофоретичному спектрі ВМГ ідентифікуються лише субодинації *Ax* (або нуль-алель). З урахуванням особливостей функціонування генів локусів ВМГ глютенінів, генотип м'якої пшениці може мати 3–5 субодинацій ВМГ, в тому числі 2 субодинації локусу *Glu-D1*, 1 або 2 – локусу *Glu-B1* та 0 або 1 субодинацію локусу *Glu-A1* [5]. За кожним із локусів ідентифіковано серії алельних варіантів, складено відповідний каталог [6]. На сьогодні в базі даних ідентифікованих алелей зареєстровано 23 алелі локусу *Glu-A1*, 87 – локусу *Glu-B1* та 25 алелей локусу *Glu-D1* [7].

За результатами численних експериментальних досліджень щодо впливу алелей локусів високомолекулярних глютенінів на показники хлібопекарської якості, запропоновано систему оцінок (бали 1–4) та проведено ранжування алелей локусів *Glu-1* відносно їх впливу на якість борошна [5]. Це дозволяє прогнозувати генетичний потенціал якості будь якого генотипу з-за присутності певних алелей локусів ВМГ. Значна варіабельність за локусами *Glu-1* та комбінація їх алелей забезпечує формування різного рівня якості борошна та тіста, а також дозволяє виявляти генетичні сортові відмінності.

Метою даної роботи було дослідити алельну мінливість локусів високомолекулярного глютеніну *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-D1* в генетично-

му пулі українських місцевих стародавніх пшениць *T. aestivum*.

Матеріали і методи

Матеріалом досліджень слугували 54 колекційні зразки пшениці м'якої озимої, включаючи стародавні місцеві сорти пшениці та перші селекційні сорти, що були створені на початку минулого століття добром з місцевих пшениць та вирощувалися в Україні. Серед них, сортові популяції аборигенних пшениць степової екологічної групи Кримки місцеві (13 зразків), південні та північні Банатки (18 зразків), Гірки та Тейки (2 та 5 зразків відповідно), місцеві сорти (Горконкур, Шампанка, Hours Concours), селекційні сорти Земка, Кооператорка, Новокримка 204, Степнячка, Еритроспермум 917, Юр'ївка, Дюрабль, Феругінеум 1239, Феругінеум 351, Українка, Заря, Галицька, Лютесценс 17. Зразки зерна сортів пшениці м'якої озимої були одержані в різні часи з колекцій ВІР ім. М.І. Вавілова (м. СПб., РФ) та Національного центру генетичних ресурсів рослин України (м. Харків). За своїм походженням місцеві пшениці було поділено на дві групи – пшениці зони Степу та пшениці зони Лісостепу.

Для фракціонування високомолекулярних глютенінів (ВМГ) використовували метод SDS-PAGE електрофорезу за методикою Laemmli [8]. Ідентифікацію субодинацій та генотип за локусами ВМГ визначали за каталогом алелей Payne і Lawrence [6] з доповненнями [7]. Потенційний бал хлібопекарної якості визначали за шкалою P. I. Payne [5]. Для визначення генотипу сортів за локусами *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-D1* досліджували 20–40 окремих зернівок кожного зразка.

Результати та обговорення

У ході проведеного електрофоретичного аналізу високомолекулярного глютеніну було визначено алельний склад та генетичну структуру за локусами *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-D1* у сортових популяціях українських стародавніх місцевих пшениць та перших селекційних сортів, що були створені добром або за участі місцевих пшениць.

Виявлено значну гетерогенність сортових популяцій місцевих пшениць, що досліджувалися, за глютенінкодуєчими локусами, що зумовлено особливостями їх створення та формування. Майже у всіх зразків було виявлено по декілька типів спектра (біотипів) глютеніну, які відрізнялися за частотою, з якою вони набули

розповсюдження в сортовій популяції. Переважна більшість з них належала до рідкісних, мінорних за частотою та поодиноких біотипів, які можуть бути або біотипами, або випадковими домішками. Водночас, по кожному із зразків було виділено основні, домінуючі за частотою біотипи, частка яких у більшості сортозразків становила 80–99 %. Майже у третини зразків було виділено 2 або 3 основних, переважаючих за частотою, типів спектру. Враховуючи гетерогенність зразків, що вивчалися, загальна кількість генотипів за глютенінкодуючими локусами, яка була залучена для аналізу та характеристики генетичного пулу стародавніх місцевих пшениць, дорівнювала 74. Інформацію про генотипи за локусами *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-D1* найпоширеніших за частотою біотипів сортових популяцій місцевих пшениць ми використовуємо для генетичної характеристики як відповідного зразка пшениці, так і генотипу стародавніх місцевих пшениць в цілому.

За результатами аналізу найпоширеніших за частотою біотипів у сортозразках місцевих пшениць виявлено 22 варіанти електрофоретичних спектрів ВМГ, які відрізняються як за складом присутніх субодиниць глютеніну (відповідно до алельного стану локусів *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-D1*), так і за частотою з якою вони набули розповсюдження в генетичному пулі стародавніх пшениць (табл. 1).

Так, найбільш поширеними виявилися генотипи *Glu-A1b*, *Glu-B1c*, *Glu-D1d* (18,9 %, ПЯ 9), *Glu-A1a*, *Glu-B1c*, *Glu-D1d* (12,2%, ПЯ 9), *Glu-A1a*, *Glu-B1c*, *Glu-D1a* (10,8 %, ПЯ 7). З частотою 5-9% зустрічаються генотипи *Glu-A1b*, *Glu-B1u*, *Glu-D1a* (8,1 %, ПЯ 8), *Glu-A1b*, *Glu-B1c*, *Glu-D1a* (6,8%, ПЯ 7), *Glu-A1c*, *Glu-B1c*, *Glu-D1a* (6,8 %, ПЯ 5), *Glu-A1a*, *Glu-B1u*, *Glu-D1d* (5,4%, ПЯ 10).

Визначення потенційного балу якості для кожного з цих генотипів (з урахуванням інформації щодо впливу окремих алелей ВМ глютеніну на формування показників хлібопекарської якості за десятибальною шкалою оцінки генотипів [5]), показало, що в цілому біля 40 % місцевих пшениць мали потенційно високий бал хлібопекарської якості (ПЯ 9–10), а 30 % – середній рівень якості (ПЯ 7–8). Відсутність даних щодо внеску на формування якості алелей локусу *Glu-B1* – *Glu-B1aj*, *Glu-B1an*, та субодиниці *IBu9* унеможливило визначення сумарного показника якості для відповідних генотипів

Загалом, в генетичному пулі досліджуваних місцевих пшениць було виявлено 11 алелей локусів високомолекулярних глютенінів (табл. 2). Три алелі ідентифіковано за локусами *Glu-A1* (*a*, *b*, *c*) та *Glu-D1* (*a*, *b*, *d*). Значно переважаючими, майже з однаковою частотою, по кожному з них є два алелі – *Glu-A1a* (43,3 %), *Glu-A1b* (40,5 %) та *Glu-D1a* (47,2 %), *Glu-D1d* (48,6 %) відповідно.

За найбільш поліморфним локусом *Glu-B1* ідентифіковано 5 алельних варіантів (*c*, *u*, *an*, субодиниці 8 та 9). За частотою також переважають лише два – *Glu-B1c* (58 %) та алель *Glu-B1u* (23 %).

Поряд із найбільш поширеним в культурі м'якої пшениці алелем *Glu-B1c* ($7x+9y$) та алелем *Glu-B1u* (7^*x+8y), у стародавніх пшениць, які вирощували в Україні, набули розповсюдження унікальні варіанти цього локусу, у яких експресується тільки одна з субодиниць – *IBx* або *IBu*. Так, у селекційного сорту Заря є присутньою тільки субодиниця *IBx6* (алель *Glu-B1an*).

Більшого розповсюдження набули генотипи, на електрофореграмі високомолекулярного глютеніну яких є присутньою тільки субодиниця *IBu* – компонент *IBu9* або компонент *IBu8* (алель *Glu-B1aj*).

Субодиниця *IBu8* (алель *Glu-B1aj*) виявлено у зразках пшениці Кримка (к-8672), Банатка (к-9834, к-10107, к-10074), Тейська (к-2108), Hour Concours (IR 10259W). Носіями цього алелю були і перші селекційні сорти Земка (к-103590, добір з місцевої пшениці Одеської області) та Степнячка (к-21841, біотип; добір з Банатки Херсонської). Повідомляється про присутність алеля *Glu-B1aj* у місцевих пшениць Афганістану, Турції [9, 10].

Носіями алельного варіанту, що кодує субодиницю *IBu9*, є зразки Тейська (к-9241), селекційні сорти Ерітроспермум 917 (IRC060W) та Дюрабль (IRC099W, біотип), які створено добором з місцевих пшениць Сандомірки та Банатки Пархомовської відповідно [2], сорт Галицька (к-43061). Варіант, кодує субодиницю *IBu9* виявлено у поодиноких зразках місцевої пшениці зі Швеції та Німеччини [11, 12]. На сьогодні цей алель не має визначення згідно міжнародної номенклатури та відсутній у каталозі ідентифікованих алелей локусів високомолекулярного глютеніну [7]. У сучасних сортах української селекції та в світовому генотипі

сучасних сортів м'яких озимих пшениць цей алель не зустрічається [13–15].

Аналіз різноманітності за локусами ВМГ у місцевих пшениць, які вирощували в різних ґрунтово-кліматичних зонах країни, виявив певні відмінності між цими групами сортів (табл. 2).

Так, за локусом *Glu-B1* алель *Glu-B1c* є переважаючим у всіх групах сортів. У сортів Степу його частота є найбільшою (69,2 %), а у

сортів Лісостепу частота алелю *Glu-B1c* зменшується (45,7 %) і спостерігається зростання долі генотипів з алелем *Glu-B1u* (28,7 %). Найбільші відмінності спостерігаються за локусами *Glu-A1* і *Glu-D1*. Особливістю сортів Степу є значна перевага за цими локусами алелей *Glu-A1b* (61,5%) і *Glu-D1d* (66,7 %). Серед сортів Лісостепу домінують вже інші алелі цих локусів - *Glu-A1a* (60,0 %) і *Glu-D1a* (65,7 %).

Таблиця 1. Найпоширеніші генотипи за *Glu-1* локусами в генетичному пулі українських стародавніх місцевих пшениць *T. aestivum*

Глютенінкодуєчі локуси, субодиниці			Глютенінкодуєчі локуси, алелі			Кількість зразків	Частота %	Показник якості (ПЯ), бал
<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>	<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>			
1	7+9	2+12	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	8	10,81	7
2*	7+9	2+12	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	5	6,75	7
0	7+9	2+12	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	5	6,75	5
1	7*+8	2+12	<i>a</i>	<i>u</i>	<i>a</i>	2	2,70	8
2*	7*+8	2+12	<i>b</i>	<i>u</i>	<i>a</i>	6	8,11	8
0	7*+8	2+12	<i>c</i>	<i>u</i>	<i>a</i>	1	1,35	6
1	7*+8	3+12	<i>a</i>	<i>u</i>	<i>b</i>	1	1,35	8
0	7*+8	3+12	<i>c</i>	<i>u</i>	<i>b</i>	1	1,35	6
1	7+9	5+10	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9	12,16	9
2*	7+9	5+10	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	14	18,92	9
0	7+9	5+10	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	1	1,35	7
1	7*+8	5+10	<i>a</i>	<i>u</i>	<i>d</i>	4	5,42	10
2*	7*+8	5+10	<i>b</i>	<i>u</i>	<i>d</i>	3	4,05	10
1	8	5+10	<i>a</i>	<i>aj</i>	<i>d</i>	1	1,35	7+?
2*	8	5+10	<i>b</i>	<i>aj</i>	<i>d</i>	1	1,35	7+?
0	8	5+10	<i>c</i>	<i>aj</i>	<i>d</i>	1	1,35	5+?
1	8	2+12	<i>a</i>	<i>aj</i>	<i>a</i>	1	1,35	5+?
2*	8	2+12	<i>b</i>	<i>aj</i>	<i>a</i>	1	1,35	5+?
0	8	2+12	<i>c</i>	<i>aj</i>	<i>a</i>	4	5,42	3+?
1	9	2+12	<i>a</i>	9	<i>a</i>	2	2,70	5+?
1	9	3+12	<i>a</i>	9	<i>b</i>	1	1,35	5+?
1	9	5+10	<i>a</i>	9	<i>d</i>	1	1,35	7+?
1	21	5+10	<i>a</i>	<i>an</i>	<i>d</i>	1	1,35	7+?

Таблиця 2. Частоти алелей локусів високомолекулярного глютеніну *Glu-1* в генетичному пулі українських стародавніх місцевих пшениць *T. aestivum*

Локус, алель	Загальна вибірка (n=74)	Степ (n=39)	Лісостеп (n=35)	Локус, алель	Загальна вибірка (n=74)	Степ (n=39)	Лісостеп (n=35)
<i>Glu A1</i>				<i>Glu B1</i>			
<i>a</i>	0,433	0,282	0,600	<i>c</i>	0,581	0,692	0,457
<i>b</i>	0,405	0,615	0,171	<i>u</i>	0,230	0,179	0,287
<i>c</i>	0,162	0,103	0,229	<i>an</i>	0,013	-	0,028
<i>Glu D1</i>				<i>aj</i>	0,122	0,128	0,114
<i>a</i>	0,472	0,333	0,657	9	0,054	-	0,114
<i>b</i>	0,041	-	0,057				
<i>d</i>	0,486	0,667	0,286				

Аналіз сучасного генофонду українських сортів озимої м'якої пшениці свідчить про те, що за роки наукової селекції культури рівень мінливості за локусами, що кодують високомолекулярний глютенін, майже не змінився [13, 14]. Найпоширеніші у місцевих пшениць алелі локусів високомолекулярного глютеніну і на сьогодні є домінуючими в генетичному пулі сучасних українських пшениць. Лише за локусом *Glu-D1* виявлено істотні зміни – значно збільшилась частота алеля *Glu-D1d*, пов'язаного з високим рівнем хлібопекарської якості. На сьогодні доля українських сортів озимої м'якої пшениці, носіїв алелі *Glu-D1d*, дорівнює майже 90 % [14]. Генотипи за локусами високомолекулярного глютеніну, що виявилися найпоширенішими в генетичному пулі стародавніх українських пшениць – *Glu-b.c.d* та *Glu- a.c.d*, притаманні багатьом сучасним сортам озимої м'якої пшениці, включаючи світові шедеври сорти Миронівська 808 (*a.c.d.*) та Безоста 1 (*b.c.d.*).

Порівняння поліморфізму за локусами ВМГ українських місцевих пшениць та місцевих пшениць країн Європи та Азії [9–12], формування та добір яких проходили за інших природно-кліматичних умов, виявляє певні особливості та відмінності між ними. Найбільш поширеними серед останніх є алелі *Glu-A1c*, *Glu-A1a*, *Glu-B1c*, *Glu-B1b*, *Glu-D1a*. Загалом, місцеві пшениці з цих країн характеризуються значно більшим різноманіттям за локусом *Glu-B1*, за

рахунок присутності за цим локусом серії рідкісних алелей (субодиниць) -13+16, 14+15, 17+18, 7+15, 20, 6, 7.

Висновки

У генетичному пулі українських стародавніх пшениць *T. aestivum*, включаючи сортові популяції озимих місцевих пшениць Кримки місцевої, Банатки, Тейки, Гірки та перші селекційні сорти, що були створені доборою або за участі місцевих пшениць, за локусами високомолекулярних глютенінів *Glu-1* виявлено 11 алелей. Найбільшого розповсюдження набули алелі *Glu-A1a*, *Glu-A1b*, *Glu-B1c*, *Glu-B1u*, *Glu-D1d*, *Glu-D1a*, які, за винятком алелі *Glu-D1a*, мають позитивний вплив на формування показників хлібопекарської якості та які є переважаючими і в генетичному пулі сучасних українських комерційних сортів. Відмітною ознакою стародавніх українських пшениць є рідкісні алельні варіанти локусу *Glu-B1*, що кодують субодиниці *1By8* (алель *Glu-B1aj*) та *1By9*, носіями яких були як місцеві пшениці, так і перші селекційні сорти. Розбіжності за локусами *Glu-1* між місцевими пшеницями, що були пристосовані для вирощування в різних ґрунтово-кліматичних зонах, дозволяють припустити залучення алелей локусів ВМГ до мультилокусних асоціацій генів, які забезпечували адаптацію генотипів до певних умов вирощування та формування важливих господарських ознак.

References

1. Vavilov N. I. Nauchnye osnovy selektsii pshenitsy. M.-L.: 1935. 244 p. [in Russian]
2. Rabinovich S. V. Modern wheat varieties and their pedigrees: Kyiv: Urozhay, 1972. 328 p. [in Russian]
3. Lopes M. S., El-Basyoni I., Baenziger P. S., Singh S., Royo C., Ozbek K., Aktas H., Ozer E., Ozdemir F., Manickavelu A. Exploiting genetic diversity from landraces in wheat breeding for adaptation to climate change. *J. Exp. Bot.* 2015. Vol. 66 (12). P. 3477–3486. doi: 10.1093/jxb/erv 122.
4. Shewry P. R., Halford N. G., Belton P. S., Tatham A. S. The structure and properties of gluten: an elastic protein from wheat grain. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 2002. 357. P. 133–142. doi: 10.1098/rstb.2001.1024.
5. Payne P. I. Genetics of storage proteins and the effect of allelic variation on bread-making quality. *Annual Review of Plant Physiology*. 1987. Vol. 38. P. 141–153. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.pp.38.060187.001041>
6. Payne P. I., Lawrence G. J. Catalogue of alleles for the complex *geneloci*, *Glu-A1*, *Glu-B1*, and *Glu-D1* which code for high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. *Cereal Res. Commun.* 1983. Vol. 11 (1). P. 29–34.
7. Catalogue of gene symbols. Gene catalogue, 2013. Retrieved from: <http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/download.jspMacGene>.
8. Laemmli U. K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*. 1970. Vol. 227. P. 680–685.
9. Lagudah, E. S., Flood R. G., Halloran G. M. Variation in high molecular weight glutenin subunits in landraces of hexaploid wheat from Afghanistan. *Euphytica*. 1987. Vol. 36. P. 3–9.
10. Temizgul R., Akbulut M. Allele Frequency of Glutenin subunits and *Glu-1* Quality Scores in Turkish Bread Wheat Landraces. *Trakya Univ J Nat Sci*. 2020. 21 (1). P. 1–11. doi: 10.23902/trkjnat.609487.
11. Gregová E., Hermunth J., Kraic J., Dotlačil L. Protein heterogeneity in European wheat landraces and obsolete cultivars. *Genet. Resour. Crop Evol.* 1999. Vol. 46. P. 521–528. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1008751815445>.
12. Gregová E., Hermunth J., Kraic J., Dotlačil L. Protein heterogeneity in European wheat landraces and obsolete cultivars: Additional information. *Genet. Resour. Crop Evol.* 2004. Vol. 51. P. 569–575. <https://doi.org/10.1023/B:GRES.0000024749.04012.ae>.

13. Sobko T. O., Sozinov O. O. Characteristics of the Ukrainian winter common wheat varieties at the storage protein loci. *Genetics and breeding in Ukrainian on the border of Millennium*. Kyiv: Logos, 2001. Vol. 1. P. 151–159 [in Ukrainian].
14. Kozub N. A., Sozinov I. A., Karelov A. V., Blume Ya. B., Sozinov A. A. Diversity of Ukrainian winter common wheat varieties with respect to storage protein loci and molecular markers for disease resistance genes. *Tsitologiya i genetika*. 2017. Vol. 51 (2). P. 59–73. doi: 10.3103/S0095452717020050 [in Ukrainian].
15. Békés F., Cavanagh C.R., Martinov S., Bushuk W., Wrigley C.W. The Gluten Composition of Wheat Varieties and Genotypes Part III. Composition table for HMW-GS. 2006. Retrieved from: http://www.aaccnet.org/grainbin/pdfs/II_HMW_Subunits.pdf.

SOBKO T.O.^{1,2}, LISOVA G.M.², BLAGODAROVA O.M.³

¹ *Institute of Food Biotechnology and Genomics, NAS of Ukraine, Ukraine, 04123, Kyiv, Osypovskogo str., 2a, e-mail: tsobko@meta.ua*

² *Institute of Plant Protection, NAAS, Ukraine, 03022, Kyiv, Vasylkivska str., 33*

³ *Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigations, Ukraine, 65036, Odesa, Ovidiopolyska road, 3*

POLYMORPHISM OF HIGH-MOLECULAR-WEIGHT GLUTENIN LOCI IN UKRAINIAN WHEAT LANDRACES *TRITICUM AESTIVUM* L.

Aim. The aim of the study was to investigate allelic variability of high-molecular-weight glutenin loci *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-D1* in Ukrainian winter wheat landraces and obsolete cultivars *Triticum aestivum* L. **Methods.** Allelic diversity at the *Glu-1* loci were analyzed in 54 collection accessions, including 41 landraces (Krymka, Banatka, Girka, Theyka and others), and 13 first breeding cultivars that were developed in the beginning of the last century by selection from local wheat. Method of SDS-PAG electrophoresis according to Laemmli was used for fractionation of HMW glutenin subunits. **Results.** A total 11 alleles at the *Glu-1* loci were identified, including 3 alleles at the *Glu-A1* (*a*, *b*, *c*) and *Glu-D1* (*a*, *b*, *d*) loci, and 5 – at the *Glu-B1* (*c*, *u*, *an*, *aj* and subunit 9). Differences in frequencies of glutenin alleles were revealed. **Conclusions.** In the gene pool of Ukrainian winter bread wheat landraces the most widespread alleles were *Glu-A1a* (43.3 %), *Glu-A1b* (40.5 %), *Glu-B1c* (58 %), *Glu-B1u* (23 %), *Glu-D1d* (48.6 %), *Glu-D1a* (47.2 %). All these alleles (except of the *Glu-D1a*) are also predominant in the gene pool of modern commercial Ukrainian cultivars. A distinctive feature of Ukrainian landraces are the rare allelic variants of the *Glu-B1* locus, which encode the subunits *1By9* and *1By8* (алель *Glu-B1aj*).

Keywords: *Triticum aestivum* L., winter wheat, landraces, high-molecular-weight glutenin, alleles.