

СОЗІНОВ І.О.<sup>1✉</sup>, КОЗУБ Н.О.<sup>1,2</sup>, КАРЕЛОВ А.В.<sup>1,2</sup>, ПИЛИПЕНКО Л.А.<sup>1</sup>, БІДНИК Г.Я.<sup>1,2</sup>, ДЕМ'ЯНОВА Н.О.<sup>1,2</sup>, БЛЮМ Я.Б.<sup>2</sup>, СОЗІНОВ О.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Інститут захисту рослин НААН,

Україна, 03022, м. Київ, вул. Васильківська, 33, e-mail: sia1953@mail.ru, natalkozub@gmail.com

<sup>2</sup> ДУ «Інститут харчової біотехнології і геноміки НАН України»,

Україна, 04123, м. Київ, вул. Осиповського, 2а

✉ sia1953@mail.ru, (097) 212-40-89, (044) 257-22-58

## ПОРІВНЯННЯ ГРУП СОРТІВ *TRITICUM AESTIVUM* L. СТЕПУ І ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ ЗА МАРКЕРАМИ ГОСПОДАРЧО-ВАЖЛИВИХ ГЕНІВ

Дослідження історії селекції дозволяє вивчати пристосованість генотипів, що відбираються селекціонерами, до ґрунтово-кліматичних умов, прийомів агротехніки. Для цього зараз широко використовуються різні види ДНК-маркерів, тоді як першими маркерами, що дозволили виявити ряд закономірностей, були біохімічні, в першу чергу, запасні білки. На відміну від більшості ДНК-маркерів, які є нейтральними, локуси запасних білків є господарчо-важливими, оскільки продукти їх генів безпосередньо впливають на хлібопекарну якість борошна [1]. Ще однією групою важливих для селекції генів є гени стійкості до хвороб і шкідників, особливий інтерес становлять гени тривалої стійкості, як, наприклад, ген *Lr34/Yr18/Pm38/Sr57/Bdv1* помірної стійкості до низки біотрофних фітопатогенів [2].

Завдяки високому поліморфізму запасні білки (гліadini та високомолекулярні субодиниці глютенінів) широко використовувалися для дослідження різноманітності світових колекцій м'якої пшениці [3–7]. На основі аналізу особливостей складу алелів локусів запасних білків у сортів із різних селекційних центрів України в періоди 1910–1960 і 1960–1995 рр. та деяких інших селекційних центрів було сформульовано концепцію формування стабільних асоціацій генів у процесі селекції [7]. Згідно з нею, найбільш цінні асоціації генів, що походять від місцевих сортів або сформувалися через гібридизацію, зберігаються протягом тривалого часу в комерційних сортах певного регіону, а якісно новий етап селекції характеризується включенням нових генів або генних комплексів у такі асоціації. [7].

Метою цього дослідження було порівняння різноманітності озимих сортів пшениці м'якої, створених у двох основних агроєкологічних зонах України – Степу і Центральному Лісостепу, та визначення особливостей груп сортів, створених після 1995 р., за локусами запасних білків хромосом першої гомеологічної групи і деякими важливими генами стійкості до фітопатогенів: гена помірної стійкості до низки біотрофних патогенів *Lr34/Yr18/Pm38/Sr57/Bdv1* (далі *Lr34*), генів чутливості до токсинів А некротрофних грибів *Pyrenophora tritici-repentis* та *Stagonospora nodorum Tsn1*, чутливості до токсину Б *P. tritici-repentis Tsc2*, гена *TDF\_076\_2D* помірної стійкості до фузаріозу колоса, гена стійкості до вівсяної цистової нематоди (*Heterodera avenae* Woll.) *Cre-8*.

### Матеріали і методи

За локусами запасних білків було проаналізовано 277 українських сортів пшениці м'якої озимої. Серед них було 128 сортів селекційних установ зони Центрального Лісостепу України: Миронівського інституту пшениці ім. В.М. Ремесла НААН (МІП), Інституту фізіології рослин і генетики НАН України (ІФРiГ), Білоцерківської дослідної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Сорти зони Степу України (149) представлені 146 сортами Селекційно-генетичного інституту (СГІ) (м. Одеса) та 3 сортами (Тітона, Тронка, Шестопалівка), створеними Приватним сільськогосподарським дослідно-селекційним-підприємством «БОР» (с. Дачне, Одеська обл.). Вибірка сортів установ Центрального Лісостепу включала 35 сортів, створених до 1996 р., і 93 сорти – після 1995 р. Серед проаналізованих сортів зони Сте-

© СОЗІНОВ І.О., КОЗУБ Н.О., КАРЕЛОВ А.В., ПИЛИПЕНКО Л.А., БІДНИК Г.Я., ДЕМ'ЯНОВА Н.О., БЛЮМ Я.Б., СОЗІНОВ О.О.

пу було 62 і 87 сортів відповідно. Для аналізу даних за маркерами генів стійкості до хвороб використовували результати досліджень 91 сорту селекції зони Степу (СГП) та 65 сортів, створених у зоні Центрального Лісостепу (МПП і ІФРiГ) [8–10]. За геном *Cre-8* проаналізовано по 20 сортів кожної групи. Асоційований за стійкістю алель гена *Lr34* [2] позначили *Lr34+*, а алель, асоційований із відсутністю стійкості, – *Lr34-*; для гена *Tsn1* алель нечутливості до токсину А [11] позначили *tr*, алель чутливості – *Ts*; для гена *Tsc2* алель нечутливості до токсину Б [12] позначили *tsr*, чутливості – *Tss*; для гена *TDF\_076\_2D* алель стійкості до фузаріозу колоса [13] позначили *TDF-1*, алель відсутності такої стійкості – *TDF-2*; для гена стійкості до вівсяної цистової нематої *Cre-8* (молекулярний маркер *wri15*) «М» відповідає алелю стійкості, характерному для сорту Molineux, позначення «Т» відповідає алелю чутливості, *null* – нуль-алель, або ампліфікація не відбулася [14].

Електрофорез гліадинів 10–20 окремих зернівок кожного сорту проводили в кислому середовищі в 10 % поліакриламідному гелі [15]. Високомолекулярні субодиниці глютенінів аналізували шляхом електрофорезу за методикою Laemmli [16]. Алелі локусів високомолекулярних субодиниць глютенінів *Glu-1* ідентифікували за каталогом [3], алелі локусів гліадинів *Gli-1* – на основі каталогу [17] з доповненнями. Генотипи частини сортів за локусами *Gli-1* та *Glu-1* було визначено раніше [15], проте було уточнено генотипи деяких із них. Алелі локусу *Gli-D1* *a* і *f* у цьому дослідженні не розрізняли і умовно позначили, як *f*. Маркером 1AL/1RS транслокації типу Amigo є блок секалінів, кодований *Gli-A1w* (Gld 1A17 [4]) [15]. Алелі локусів *Gli-A3*, *Gli-B5* позначали згідно з [18], крім сортів із 1BL/1RS транслокацією, для яких використовували позначення «*nnn*». Алелі *c* і *a* локусу *Gli-A6* позначали за [17], крім сортів з 1AL/1RS, для яких використовували позначення «*nnn*». Алель *Gli-A1x* [15] відповідає GLD 1A9 [4], а *Gli-D1x* – Gld 1D10 [4].

Частоти алелів у групах сортів визначали із врахуваннями гетерогенності сортів (частоту кожного з двох алелів локусу приймали за 0,5). Для аналізу відмінностей за частотами алелів між різними групами сортів використовували

критерій  $\chi^2$  або точний критерій Фішера. Асоціації між алелями генів стійкості, а також локусами запасних білків оцінювали за допомогою коефіцієнта  $\rho$  [19], для цього дані про генотипи записували з використанням бінарної системи 0, 1.

### Результати та обговорення

Значна частка українських сортів (41 %) є гетерогенними за одним або більше локусами запасних білків: 27 % сортів зони Центрального Лісостепу і 51 % сортів зони Степу. Частоти алелів локусів запасних білків наведено в табл. 1. Група сортів Центрального Лісостепу є більш різноманітною за локусом *Gli-A1*: з частотами більше 10 % трапляється шість алелів – *b*, *c*, *f*, *o*, *x* та *w* – маркер пшенично-житньої транслокації 1AL/1RS (12 %). Унікальним алелем для групи сортів СГП (Степу) є алель *g*, що трапляється у 14 % сортів. Група сортів Степу істотно відрізняється від групи сортів Центрального Лісостепу за частотами більшості алелів локусу *Gli-A1*. Особливістю сортів Центрального Лісостепу є достатньо висока частота алеля *Gli-A6c* (26 %). Цей алель, як відомо, тісно зчеплений із *Gli-A1f* [17]. У випадку сортів Вдячна, Миронівська 25, Миронівська 29 він асоційований з алелем *Gli-A1b*, а у сорту Естет – з *Gli-A1x*. Алель *Gli-A3c* ідентифіковано лише серед сортів Центрального Лісостепу.

Істотні відмінності виявлено за частотами більшості алелів локусу *Gli-B1* (табл. 1). Серед сортів Центрального Лісостепу є група сортів, у яких алель *Gli-B1h* асоційований із *Gli-B5b*, проте сорти не мають червоного забарвлення колоскових лусок: це, крім ідентифікованих раніше сортів Монотип, Естет, Гарант, та Модус [15], сорти Циганка і Повелія. Вибірки сортів Степу та Центрального Лісостепу також істотно відрізняються за частотами алелів *b*, *g* та *j* локусу *Gli-D1*, алелів *b* і *c* локусу *Glu-A1*, алелів *al*, *b*, *c* та *d* локусу *Glu-B1* (табл. 1). У групі сортів Лісостепу 11 % сортів мають алель *Glu-B1d* – це, переважно, сорти з транслокацією 1AL/1RS. Особливістю групи сортів Степу (СГП) є відносно висока частота алеля *Glu-B1al*, яку пов'язують із надвисокою якістю [20]. Обидві групи сортів мають високу частоту (більше 90 %) алеля *Glu-D1d*, пов'язаного з високим рівнем хлібопекарної якості.

Таблиця 1. Частоти алелів локусів запасних білків серед сортів пшениці м'якої озимої української селекції (у дужках – кількість проаналізованих сортів)

Локус, алель	С (149)	ЦЛС (129)	P	Локус, алель	С (149)	ЦЛС (129)	P
<i>Gli-A1</i>				<i>Glu-A1</i>			
<i>b</i>	<b>0,644</b>	<b>0,246</b>	**	<i>a</i>	<b>0,346</b>	<b>0,453</b>	
<i>c</i>	0,037	<b>0,113</b>	*	<i>b</i>	<b>0,631</b>	<b>0,406</b>	**
<i>f</i>	0,007	<b>0,246</b>	**	<i>c</i>	0,023	0,141	**
<i>g</i>	<b>0,144</b>		**	<i>Glu-B1</i>			
<i>m</i>	0,027			<i>al</i>	<b>0,111</b>		**
<i>o</i>	<b>0,128</b>	<b>0,176</b>		<i>a</i>		0,031	*
<i>w<sup>A</sup></i>	0,013	<b>0,117</b>	**	<i>b</i>	<b>0,497</b>	<b>0,125</b>	**
<i>x</i>		<b>0,102</b>	**	<i>c</i>	<b>0,386</b>	<b>0,723</b>	**
<i>Gli-B1</i>				<i>d</i>	0,007	<b>0,109</b>	**
<i>b</i>	<b>0,785</b>	<b>0,504</b>	**	<i>f</i>		0,008	
<i>c</i>	0,037		*	<i>i</i>		0,004	
<i>d</i>	0,077	0,039		<i>Glu-D1</i>			
<i>e</i>	0,084	0,016	*	<i>a</i>	0,020	<b>0,125</b>	**
<i>f</i>	0,003	0,039		<i>d</i>	<b>0,980</b>	<b>0,863</b>	**
<i>h</i>		0,047	**	<i>e</i>		0,012	
<i>l<sup>B</sup></i>	0,013	<b>0,344</b>	**	<i>Gli-A3</i>			
<i>x</i>		0,012		<i>a</i>	<b>0,483</b>	<b>0,396</b>	*
<i>Gli-D1</i>				<i>b</i>	<b>0,493</b>	<b>0,374</b>	
<i>b</i>	<b>0,221</b>	<b>0,664</b>	**	<i>c</i>		0,078	**
<i>f</i>	0,081	0,082		<i>d</i>	0,010	0,022	
<i>g</i>	<b>0,379</b>	<b>0,203</b>	**	<i>nnn<sup>A</sup></i>	0,014	<b>0,130</b>	**
<i>i</i>	0,007	0,008		<i>Gli-A6</i>			
<i>j</i>	<b>0,265</b>	0,027	**	<i>a</i>	<b>0,980</b>	<b>0,625</b>	**
<i>l</i>		0,016		<i>c</i>	0,007	<b>0,258</b>	**
<i>x</i>	0,047		*	<i>nnn<sup>A</sup></i>	0,013	0,117	**

Примітки: С – сорти зони Степу; ЦЛС – сорти зони Центрального Лісостепу. Відмінності за частотами алеля між групами сортів С і ЦЛС істотні при \* P < 0,05; \*\* P < 0,01. <sup>A</sup> – 1AL/1RS; <sup>B</sup> – 1BL/1RS.

Порівняння частот алелів локусів запасних білків у групах сортів Степу і Центрального Лісостепу, створених до 1996 р. і після 1995 р., показало, що у групі сортів Степу після 1996 р. статистично істотно збільшилися частоти алелів *Gli-A1g*, *Gli-D1g*, *Glu-B1al*, *Gli-A3a* (P < 0,01) та *Glu-A1b* (P < 0,05) і зменшилися частоти алелів *Gli-D1b*, *Glu-B1c* і *Gli-A3b* (P < 0,01). Особливістю сортів Степу другого періоду є формування асоціації алеля *Gli-A1g* і алеля надвисокої якості *Glu-B1al*: її мають 15 сортів, створених після 1995 р. Частота генотипів із такою комбінацією становить 0,172, що статистично істотно відрізня-

ється від очікуваної – 0,040 ( $\chi^2 = 30,5$ , P < 0,01). Таку асоціацію мав сорт Одеська червоноколоса, на базі якого були створені перші українські надсильні сорти Панна і Лелека [20]. Отже, можна говорити про формування стійкої асоціації алелів, пов'язаної, перш за все, з селекцією на високий рівень хлібопекарної якості в останні 20 років.

Особливістю групи сортів зони Центрального Лісостепу другого періоду є поява низки сортів із транслокацією 1AL/1RS типу Amigo у (16 % сортів) та алеля *Glu-B1d*. У другий період дещо зменшилася частота алелів *Gli-A1c* та *Glu-B1c* (P < 0,05). Серед сортів, створених після

1995 р., є група з 12 сортів з асоціацією *Gli-A1w* (1AL/1RS), *Glu-B1d*, *Glu-D1a*. Фактична частота сортів із таким поєднанням (0,129) статистично істотно відрізняється від очікуваної – 0,004 ( $\chi^2 = 364,9$ ,  $P < 0,01$ ). Слід зазначити, що алелі *Glu-B1d* і *Glu-D1a* пов'язані з нижчими показниками хлібопекарної якості [3]. Основною причиною формування такої стабільної асоціації є, очевидно, близькоспоріднене походження цих сортів, які походять від гібридної популяції з участю TAM-107, де для їх створення застосовували мутагенез [21].

Частоти алелів маркерних локусів більшості проаналізованих генів стійкості (крім *Cre-8*) суттєво відрізняються у вибірок сортів Степу і Центрального Лісостепу ( $P < 0,01$ ). Для вибірки сортів селекції Центрального Лісостепу спостерігається помірна асоціація між алелями генів *Tsn1* та *Tsc2* ( $\phi = 0,37$ ;  $P < 0,01$ ). Позитивне значення  $\phi$  вказує на асоціації між однотипними алелями (чутливості або нечутливості до обох токсинів А і Б) генів. Для сортів селекції Лісостепу також виявлено асоціації між алелями генів *Lr34* (з алелем *Lr34+*) та *Tsc2* ( $\phi = -0,22$ ;  $P < 0,05$ ): асоціації між відсутністю алеля *Lr34+* та присутністю алеля *tsr* і навпаки. Такі асоціації можуть вказувати на негативну роль алеля

*Lr34+*, асоційованого зі стійкістю до біотрофних фітопатогенів, при відборі сортів на стійкість (нечутливість) до некротрофних фітопатогенів, у межах кліматичної зони Лісостепу. Для сортів селекції Степу таких асоціацій не виявлено. Для загальної вибірки сортів істотною була асоціація між алелями генів *Lr34* та *TDF\_076\_2D*: асоціації алеля *Lr34+* із алелем нестійкості гена *TDF\_076\_2D* і навпаки.

Серед сортів Центрального Лісостепу виявлено тенденцію до більшої пов'язаності алеля *Gli-B1l* (транслокації 1BL/1RS) з алелем *Lr34+* при врахуванні гетерогенних сортів ( $\phi = 0,28$ ;  $P < 0,05$ ), а алеля *Gli-B1b* – з *Lr34-* ( $\phi = 0,27$ ;  $P < 0,05$ ). У цій же групі сортів алель нечутливості до токсину А частіше трапляється у поєднанні з алелем *Gli-A3b*, ніж з *Gli-A3a* ( $\phi = 0,29$ ;  $P < 0,05$ ). У групах сортів Степу ( $\phi = 0,28$ ;  $P < 0,01$ ) і Центрального Лісостепу ( $\phi = 0,27$ ;  $P < 0,05$ ) наявність алеля *Gli-A3b* виявилася статистично істотно пов'язаною з присутністю алеля *TDF-1*, який забезпечує помірну стійкість до фузаріозу колоса, на відміну від альтернативного алеля *Gli-A3a*. Алель *TDF-1* також дещо частіше трапляється в комбінації з алелем *Gli-D1b* і рідше з *Gli-D1j* ( $\phi = 0,21$ ;  $P < 0,05$ ).

Таблиця 2. Частоти алелів деяких генів стійкості до хвороб серед сортів української селекції

Локус	Алель	Степ	Центральний Лісостеп
<i>Lr34/Yr18/Pm38/Sr57/Bdv1</i>	<i>Lr34+</i>	0,578	0,200
	<i>Lr34-</i>	0,422	0,800
<i>Tsn1</i>	<i>tr</i>	0,711	0,431
	<i>Ts</i>	0,289	0,569
<i>Tsc2</i>	<i>tsr</i>	0,956	0,538
	<i>Tss</i>	0,044	0,462
<i>TDF_076_2D</i>	<i>TDF-1</i>	0,478	0,862
	<i>TDF-2</i>	0,522	0,138
<i>Cre-8</i>	<i>M</i>	0	0,100
	<i>T</i>	0,650	0,450
	<i>null</i>	0,350	0,450

### Висновки

Виявлено відмінності в частотах алелів локусів запасних білків та деяких важливих генів стійкості до хвороб – *Lr34/Yr18/Pm38/Sr57/Bdv1*, *Tsn1*, *Tsc2*, *TDF\_076\_2D* – між групами сортів Степу і Центрального Лісостепу. Порівняння груп сортів, створених у різні пері-

оди, показує, в основному, збереження характерних переважаючих алелів локусів запасних білків, виявлених у попередніх дослідженнях [4, 5, 15, 22]. Водночас, спостерігається поява нових асоціацій алелів локусів запасних білків. Для сортів зони Степу останніх 20 років – це поєднання алелів *Gli-A1g* *Glu-B1a1*, а найбільш

важливою особливістю групи Центрального Лісостепу цього періоду є поява низки сортів із транслокацією 1AL/IRS у комбінації з алелем

*Glu-B1d*. Помічено формування не випадкових асоціацій генів стійкості до хвороб і алелів локусів запасних білків.

### Література

1. Созинов А.А. Полиморфизм белков и его значение в генетике и селекции. – М.: Наука, 1985. – 272 с.
2. Dakouri A., McCallum B.D., Walichnowski A.Z., Cloutier S. Fine-mapping of the leaf rust *Lr34* locus in *Triticum aestivum* (L.) and characterization of large germplasm collections support the ABC transporter as essential for gene function // *Theor. Appl. Genet.* – 2010. – V. 121, № 2. – P. 373–384.
3. Payne P.I., Lawrence G. Catalogue of alleles for the complex gene loci, *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-D1* which code for high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat // *Cereal Res. Com.* – 1983. – V. 11. – P. 29–34.
4. Собко Т.О., Попереля Ф.О. Частота, з якою зустрічаються алелі гліадинкодуєчих локусів у сортів м'якої озимої пшениці // Вісник с.-г. науки. – 1986. – № 5. – С. 84–87.
5. Собко Т.А., Созинов А.А. Анализ генотипической структуры возделываемых в Украине сортов озимой мягкой пшеницы с использованием генетических маркеров // *Цитология и генетика.* – 1999. – Т. 33, № 5. – С. 30–41.
6. Wrigley C.W., Bakes F., Cavanagh C.R., Bushuk W. The gluten composition of wheat varieties and genotypes [Electronic resource]. – 2006. – Mode of access: <http://www.aaccnet.org/initiatives/definitions/Pages/gliadin.aspx>.
7. Sozinov A., Sozinov I., Kozub N., Sobko T. Stable gene associations in breeding and evolution of grasses // *Evolutionary theory and processes: modern perspectives. Papers in Honor of Eviatar Nevo.* Wasser, S.P. (ed.), Kluwer Academic Publishers, 1999. – P. 97–113.
8. Karelov A.V., Pirko Ya.V., Kozub N.A., Sozinov I.A., Pirko N.N., Litvinenko N.A., Lyfenko S.F., Koliuchii V.T., Blume Ya.B., Sozinov A.A. Identification of the allelic state of the *Lr34* leaf rust resistance gene in soft winter wheat cultivars developed in Ukraine // *Cytol. Genet.* – 2011. – V. 45, № 5. – P. 271–276.
9. Карелов А.В. Козуб Н.О., Созинов І.О., Созинов О.О., Блюм Я.Б. Алельний стан маркерів гена, асоційованого із чутливістю до токсину А *Pyrenophora tritici-repentis* і *Stagonospora nodorum*, серед сортів м'якої пшениці степової зони України // *Захист і карантин рослин.* – 2014. – Вип. 60. – С. 106–113.
10. Карелов А.В., Козуб Н.О., Созинов І.О., Борзих О.І., Блюм Я.Б. Поліморфізм маркера гена *TDF\_076\_2D* помірної стійкості до фузаріозу колосу серед сортів пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.) Степової зони України [Електронний ресурс] // *Наук. доп. НУБіП України.* – 2015. – № 2 (51). – Режим доступу: [http://nd.nubip.edu.ua/2015\\_2/7.pdf](http://nd.nubip.edu.ua/2015_2/7.pdf).
11. Faris J.D., Zhang Z., Lu H., Lu S., Reddy L., Cloutier S., Fellers J.P., Meinhardt S.W., Rasmussen J.B., Xu S.S., Oliver R.P., Simons K.J., Friesen T.L. A unique wheat disease resistance-like gene governs effector-triggered susceptibility to necrotrophic pathogens // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 2010. – V. 107, № 30. – P. 13544–13549.
12. Abeyssekara N.S., Friesen T.L., Liu Z., McClean P.E., Faris J.D. Marker development and saturation mapping of the Tan Spot Ptr ToxB sensitivity locus *Tsc2* in hexaploid wheat // *Plant Genome.* – 2010. – V. 3. – P. 179–189.
13. Diethelm M., Schmolke M., Groth J., Friedt W., Schweizer G., Hartl L. Association of allelic variation in two *NPRI*-like genes with *Fusarium* head blight resistance in wheat // *Mol. Breeding.* – 2014. – V. 34, № 1. – P. 31–43.
14. Jayatilake D.V., Tucker E.J., Brueggemann J., Lewis J., Garcia M., Dreisigacker S., Hayden M.J., Chalmers K., Mather D.E. Genetic mapping of the *Cre8* locus for resistance against cereal cyst nematode (*Heterodera avenae* Woll.) in wheat [Електронний ресурс] // *Mol. Breeding.* – 2015. – 35, № 66. – 12 p. – Режим доступу: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11032-015-0235-3#/page-1>.
15. Kozub N.A., Sozinov I.A., Sobko T.A., Kolyuchii V.T., Kuptsov S.V., Sozinov A.A. Variation at storage protein loci in winter common wheat cultivars of the Central Forest-Steppe of Ukraine // *Cytol. Genet.* – 2009. – V. 43, N 1. – P. 55–62.
16. Laemmli U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4 // *Nature.* – 1970. – V. 227, N 5259. – P. 680–685.
17. Metakovsky E.V. Gliadin allele identification in common wheat. II Catalogue of gliadin alleles in common wheat // *J. Genet. Breed.* – 1991. – V. 45. – P. 325–344.
18. Catalogue of gene symbols. Gene catalogue [Electronic resource], 2013. – Mode of access: <http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/download.jspMacGene>.
19. Clark-Carter D. Doing quantitative psychological research: from design to report, Psychology Press. – 1997.
20. Попереля Ф.О., Благодарова О.М. Генетика якості зерна перших генотипів надсильної пшениці України // *Цитология и генетика.* – 1998. – Т. 32, № 6. – С. 11–19.
21. Козуб Н.О., Созинов І.О., Колучий В.Т., Власенко В.А., Собко Т.О., Созинов О.О. Ідентифікація 1AL/IRS транслокації у сортів м'якої пшениці української селекції // *Цитология и генетика.* – 2005. – Т. 39, № 4. – С. 20–24.
22. Благодарова О.М., Литвиненко М.А., Голуб Є.А. Генгеографія гліадин- і глютенінкодуєчих локусів українських сортів озимої м'якої пшениці і їх зв'язок з агрономічними ознаками // *Зб. наук. праць СГІ.* – 2004. – Т. 46, № 6. – С. 124–138.

**SOZINOV I.A.<sup>1</sup>, KOZUB N.A.<sup>1,2</sup>, KARELOV A.V.<sup>1,2</sup>, PYLYPENKO L.A.<sup>1</sup>, BIDNYK H.Ya.<sup>1,2</sup>, DEMIANOVA N.A.<sup>1,2</sup>, BLUME Ya.B.<sup>2</sup>, SOZINOV A.A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Institute of Plant Protection, NAAS,*

*Ukraine, 03022, Kyiv, Vasylkivska str., 33, e-mail: sia1953@mail.ru, natalkozub@gmail.com*

<sup>2</sup> *Institute of Food Biotechnology and Genomics, NAS of Ukraine,*

*Ukraine, 04123, Kyiv, Osypovskogo str., 2a*

#### **COMPARISON OF GROUPS OF *TRITICUM AESTIVUM* L. VARIETIES OF THE STEPPE AND THE FOREST-STEPPE OF UKRAINE BY MARKERS FOR IMPORTANT GENES**

**Aim.** The aim of the study was to compare diversity of groups of winter common wheat varieties of the Steppe and the Central Forest-Steppe of Ukraine by storage protein loci and some disease resistance genes and to reveal peculiarities of varieties released after 1995. **Methods.** SDS and APAG electrophoresis was used to identify genotypes at the *Glu-1*, *Gli-1*, and some minor gliadin loci. PCR analysis was employed to study alleles of the disease resistance genes *Lr34/Yr18/Pm38/Sr57/Bdv1*, *Tsn1*, *Tsc2*, *TDF\_076\_2D*, and *Cre-8*. **Results.** Significant differences in frequencies of alleles at most marker loci were revealed. Nonrandom associations between disease resistance gene alleles as well as storage protein alleles were detected. **Conclusions.** The retention of a set of predominant alleles of a certain zone in different periods of breeding was confirmed. The appearance of new allele associations in the groups of varieties of the Steppe (in particular *Gli-A1g* and *Glu-B1a1*) and the Central Forest-Steppe (*1AL/1RS* and *Glu-B1d*) in the last two decades was noted.

**Keywords:** *Triticum aestivum* L., varieties, storage proteins, resistance genes, alleles.