

Генетика, селекція, біотехнологія

УДК 633.111.1:664.6/
7:631.527:631.523
© 2014

М.А. Литвиненко,
академік НААН,
доктор сільсько-
господарських наук

М.М. Топал

Селекційно-генетичний
інститут — Національний
центр насіннєзнавства
та сортовивчення

ГЕНЕТИЧНІ ФАКТОРИ ПОЗИТИВНОГО ВПЛИВУ НА ЯКІСТЬ ЗЕРНА У ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ З ЖИТНЬОЮ ТРАНСЛОКАЦІЄЮ 1AL/1RS

*Досліджено ефекти пшенично-житньої
транслокації 1AL/1RS на показники якості
у рекомбінантних ліній F₅ пшениці м'якої озимої.
Виявлено генетичні фактори часткової
компенсації негативного впливу на
хлібопекарські властивості борошна житніх білків
секалінів, синтез яких контролює транслокація
1AL/1RS.*

Ключові слова: пшениця, генетичні фактори, транслокація, хлібопекарські властивості, борошно, білок.

Пшенично-житні транслокації (ПЖТ) 1AL/1RS і 1BL/1RS широко використовують у багатьох селекційних програмах пшениці м'якої озимої та ярої і є прикладом успішного використання чужорідного ресурсу для поліпшення культури [9]. Ці транслокації найбільше зацікавлюють селекціонерів завдяки позитивному генетичному впливу на господарські і біологічно цінні ознаки і властивості — продуктивність, стійкість до біотичних і абіотичних факторів [5, 10, 11]. Проте, крім цих позитивних ефектів, ПЖТ містять алель *Sec-1*, який контролює синтез житніх білків секалінів з негативним впливом на реологічні властивості тіста і хлібопекарські властивості борошна у пшениці [12]. У літературі наведено деякі відмінності у величинах і напрямках ефектів транслокації короткого плеча жита 1RS залежно від її локалізації на довгому плечі хромосоми 1AL або 1BL [6, 7]. Крім цього, ефекти ПЖТ значною мірою модифікуються генетичними факторами залучених у гібридизацію батьківських форм і конкретними характеристиками умов вирощування рослин [2, 8].

Наукова новизна та актуальність наших досліджень полягає в тому, що ефекти ПЖТ 1AL/1RS на показники якості зерна вивчали на спе-

ціально створеному оригінальному генетичному матеріалі з принциповими відмінностями наявності чи відсутності алелів з позитивним впливом на хлібопекарські властивості борошна, а також досліджували взаємодію цих алелів з генетичними факторами ПЖТ 1AL/1RS в умовах степу України.

Мета досліджень — установити вплив ПЖТ 1AL/1RS на показники якості зерна та хлібопекарські властивості борошна у генотипів пшениці м'якої озимої в умовах півдня України та виявити у рекомбінантних ліній F₅ можливі генетичні фактори і компенсаторні властивості алелів з позитивним впливом на якість зерна за взаємодії з алелем *Sec-1* транслокації 1AL/1RS.

Матеріал і методика досліджень. Матеріалом для дослідження були рекомбінантні лінії F₅ (80 ліній), отримані від парних і потрійних схрещувань генетичного джерела ПЖТ 1AL/1RS сорту Княгиня Ольга з місцевими сортами, які вирізняються за генетичними системами якості зерна — Антонівка, Господина, Сирена одеська, Куяльник, Зміна (табл. 1).

Ці сорти за електрофоретичними спектрами мають гліадин- і глютенінкодувальні алелі, які позитивно впливають на хлібопекарські властивості борошна і якість зерна. Сорти Куяльник

1. Генетичні формули запасних білків сортів пшениці м'якої озимої

Сорт	Формула запасних білків (за номенклатурою Т.О. Собка і Ф.О. Поперелі [3])									
	Гліадини							Глютеніни		
	1A	1B	1D	6A	6B	6D	2-1A	1A	1B	1D
Антонівка	4	1	4	4	2	2	3	1	2	1
Куяльник	10	1	7	4	2	2	3	1	5	1
Сирена одеська	2	1	1	4	2	2	1+3	2	2	1
Господиня	4	1	5	3	2	3	3	1	2	1
Зміна	10	1	7	4	2	2	3	1	5	1

і Зміна мають алель надвисокої якості Clu-1B5(Clu-B177+8) від високоякісного мексиканського сорту пшениці ярої Ред Рівер 68, який значно поліпшує показники якості зерна та його фізичні властивості [1]. Ці лінії висівали суцільним способом з обліковими ділянками 5–10 м² у 3-разовій повторності. Якість зерна та його хлібопекарські властивості визначали у відділі генетичних основ селекції СГІ НЦНС (О.І. Рибалка, М.Г. Парфентьев, Л.С. Лифенко).

Ідентифікацію транслокації 1AL/1RS у лінії проводили за методикою електрофорезу запасних білків у поліакриламідному гелі (О.М. Благодарова). Фракційний склад клейковинних білків (за Осборном) визначали в лабораторії біохімії рослин СГІ НЦНС (О.О. Молодченкова). Математичну обробку та аналіз результатів досліджень проводили з використанням методик Б.О. Доспехова, П.Ф. Рокіцького на персональному комп'ютері за допомогою програми Microsoft Excel 2007.

Дисперсійний аналіз результатів досліджень проводили на лініях двох груп з транслокацією 1AL/1RS та за її відсутності в межах кожної комбінації окремо.

Результати досліджень. Під час визначення середніх значень показників якості виявлено значні відмінності серед порівняльних груп ліній у кожній комбінації окремо, крім вмісту білка (табл. 2). Вміст білка незалежно від груп ліній (наявність транслокації — ПЖТ 1AL/1RS, відсутність транслокації — 1AL/1AS_{контроль}) та їх батьківських форм перебуває приблизно на однаковому рівні (13–14,9%). Під час визначення якості зерна методом седиментації SDS-30 встановлено істотну різницю (за $HIP_{0,01-0,001}$) між групами ліній: лінії без транслокації достовірно вищі, ніж лінії з її наявністю за цим показником. Проте більший розмах мінливості показника SDS-30 за наявності транслокації у лініях від різних комбінацій може свідчити про мож-

ливість отримання ліній з високою якістю зерна. Отже, метод седиментації добре виявляє диференціацію за якістю білка між лініями з транслокацією та без неї, але він не вказує внаслідок чого відбуваються зміни показників якості зерна.

З метою виявлення біохімічної природи змін показників якості зерна під впливом ПЖТ 1AL/1RS у досліджуваних генотипів було проведено аналіз із встановлення фракційного складу клейковинних білків у різних груп ліній (див. табл. 2). Аналіз фракційного складу білків клейковини свідчить, що лінії з наявністю транслокації мали більший відсоток водорозчинних білків альбумінів, а їх рівень становив 18,84–21,20% від загального білка, що достовірно ($HIP_{0,001}$) вище, ніж у лінії з відсутністю транслокації (14,41–15,59%). Це можна пояснити тим, що у лінії з наявністю транслокації 1AL/1RS у зазначеній фракції білків наявні білки секаліни від жита. Адже відомо, що в короткому плечі жита 1RS розміщений алель *Sec-1*, який контролює біосинтез запасних білків жита — секалінів і має сильний негативний ефект на хлібопекарські властивості борошна пшениці [12]. В основному це погіршення пов'язано з нездатністю білків секалінів утворювати з пшеничними білками нерозчинні високополімерні протеїнові комплекси, які є основою формування клейковини з високими фізичними показниками якості [4].

Вміст гліадинових білків (розчинні в спиртових розчинах) змінюється залежно від комбінації схрещування та батьківських форм. Так, у комбінації Куяльник/Княгиня Ольга та Сирена одеська/Зміна/Княгиня Ольга виявлено істотну різницю за вмістом гліадину між групами ліній з транслокацією та її відсутністю, а в комбінаціях Антонівка/Княгиня Ольга, Господиня/Зміна/Княгиня Ольга не встановлено істотної різниці між цими групами.

2. Середні показники якості зерна за SDS-30 і фракційним складом клейковинних білків у груп ліній з ПЖТ 1AL/1RS та її відсутності

Група ліній, сорт (кількість ліній)	Білок, %		†SDS-30, мл		Фракційний склад клейковинних білків, %							
	X	мін-макс	X	мін-макс	Альбуміни		Гліадини		Глютеніни		Глютеїни/Гліадини	
					X	мін-макс	X	мін-макс	X	мін-макс	X	мін-макс
<i>Куюльниць/Княгиня Ольга</i>												
ПЖТ 1AL/1RS(8) §	14,3	13,4–15,2	66,0	55–80	21,20	17,1–23,5	25,47	21,8–27,9	29,11	26,9–31,8	1,15	1,02–1,24
1AL/1AS _{контр} (15)	14,8	14,0–15,5	81,2	68–95	15,59	13,8–17,1	29,97	28,3–31,8	33,56	31,3–37,7	1,12	1,07–1,33
НІР	–	–	13,7***	–	2,2***	–	2,3***	–	2,5***	–	–	–
<i>Антонівка/Княгиня Ольга</i>												
ПЖТ 1AL/1RS (15)	14,2	13,3–14,7	57,5	51–64	18,84	16,7–23,8	29,75	27,2–33,2	27,97	26,1–30,2	0,94	0,82–1,10
1AL/1AS _{контр} (18)	14,3	13,2–15,2	72,7	60–83	14,95	12,5–16,5	30,88	26,9–33,9	30,15	27,7–33,3	0,98	0,88–1,07
НІР	–	–	6,11***	–	3,9***	–	–	–	1,8**	–	–	–
<i>Господиня/Зміна/Княгиня Ольга</i>												
ПЖТ 1AL/1RS (6)	14,1	13,7–14,4	64,2	56–74	19,71	16,2–22,9	25,92	24,2–28,03	28,24	27,1–29,3	1,09	0,98–1,18
1AL/1AS _{контр} (6)	14,5	14,0–15,1	87,0	83–94	14,75	13,2–15,8	27,71	24,0–29,6	31,82	29,1–33,7	1,16	1,01–1,23
НІР	–	–	13,9***	–	4,7***	–	–	–	3,4***	–	–	–
<i>Сирена одеська/Зміна/Княгиня Ольга</i>												
ПЖТ 1AL/1RS (6)	13,75	12,9–14,2	71,8	63–79	19,12	17,0–20,6	23,24	20,7–24,3	30,08	28,3–31,3	1,30	1,22–1,51
1AL/1AS _{контр} (6)	13,80	13,1–14,3	86,2	77–92	14,41	13,2–15,6	25,28	24,8–26,4	32,28	29,7–33,6	1,28	1,19–1,34
НІР	–	–	10,7**	–	2,8***	–	1,8**	–	1,6*	–	–	–
Куюльник б.ф.	14,05	–	85	–	16,85	–	28,85	–	31,87	–	1,10	–
Антонівка б.ф.	14,15	–	80	–	14,64	–	30,05	–	28,77	–	0,96	–
Сирена б.ф.	14,67	–	76	–	13,22	–	25,29	–	31,70	–	1,25	–
Господиня б.ф.	15,79	–	87	–	14,00	–	30,59	–	29,89	–	0,98	–
Зміна б.ф.	14,13	–	87	–	12,46	–	24,77	–	34,47	–	1,39	–
Княгиня Ольга б.ф.	14,06	–	58	–	23,55	–	26,84	–	26,93	–	1,0	–
ЖИТ _{О,контр}	12,46	–	–	–	39,4	–	13,46	–	12,33	–	0,91	–

* Істотно за НІР_{0,05}; ** Істотно за НІР_{0,01}; *** Істотно за НІР_{0,001}; § ПЖТ 1AL/1RS — пшенично-житня транслокація; 1AL/1AS_{контр} — відсутність транслокації; †SDS-30 — sodium dodecyl sulfate sedimentation.

Вивчення вмісту глютенінів (розчинні білки у лужному розчині) у сумарному білку виявило істотну різницю між групами ліній у кожній комбінації із перевагою ліній з відсутністю транслокації над групою ліній з її наявністю. У комбінаціях Куяльник/Княгиня Ольга та Господиня/Зміна/Княгиня Ольга у групі ліній з відсутністю ПЖТ 1AL/1RS спостерігається досить високий вміст глютенінів (33,56%; 31,82), що істотно перевищує ($P < 0,001$) групу ліній з транслокацією на 4,45 і 3,58%, відповідно. Найменшу істотну різницю ($P_{0,5}$) мають лінії із комбінації Сирена одеська/Зміна/Княгиня Ольга, де вміст глютенінів у групі ліній з ПЖТ 1AL/1RS — 30,08%, а з відсутністю транслокації — 32,28%. В обох порівняльних групах ліній із комбінації Господиня/Зміна/Княгиня Ольга та Антонівка/Княгиня Ольга спостерігається кількість гліадину більша, ніж глютеніну, а в лініях із комбінації Куяльник/Княгиня Ольга та Сирена/Зміна/Княгиня Ольга перевищення мають глютеніни. Це пов'язано з походженням батьківських форм, комбінацією схрещування та впливу материнської цитоплазми. Зокрема, сорти Антонівка і Господиня характеризуються генотиповим перевищенням гліадинів над глютенінами, а сорти Куяльник, Сирена та Зміна й створені лінії на їх основі мають співвідношення глютенін/гліадин, близьке до оптимального (>1), що дає змогу отримувати високоякісний хліб (табл. 2).

Співвідношення глютенін/гліадинових фракцій білків у порівняльних групах ліній із більшості комбінацій не виявляють істотної різниці. Лише ліній із комбінації Куяльник/Княгиня Ольга та Сирена одеська/Зміна/Княгиня Ольга в обох групах ліній таке співвідношення було близьким до оптимального (1,14–1,29 відповідно). Проте слід зауважити, що у груп ліній із відсутністю транслокації у всіх випадках вміст глютенінів та гліадинів вище завдяки меншому вмісту альбумінів, а в групах ліній з транслокацією високий вміст глютенінів із вдалим співвідношенням з іншими фракціями білків дає змогу частково компенсувати негативний вплив транслокації і підвищити якість генотипів до рівня сильних пшениць.

Дослідження впливу ПЖТ 1AL/1RS на хлібопекарські властивості борошна за порівняння груп ліній з транслокацією та її відсутністю свідчить, що істотної різниці за показниками пружності тіста та водопоглинальною здатністю борошна не спостерігається. Вплив транслокації більше виявляється за показниками сила бо-

рошна (W), індекс еластичності клейковини (I_e), співвідношення пружності до розтяжності тіста (P/L), об'єм хліба із 100 г борошна та загальна оцінка хліба (див. табл. 2). За цими показниками виявляються істотні відмінності між групами ліній на різних рівнях значущості.

Ключову роль в отриманні відмінного хліба відіграють показники I_e та W . Між цими показниками в усіх комбінаціях у групах ліній з транслокацією та без неї є тісна кореляційна залежність ($r=0,75-0,92$), лише у групах ліній з відсутністю транслокації у комбінаціях Куяльник/Княгиня Ольга, Сирена одеська/Зміна/Княгиня Ольга виявлено середній кореляційний зв'язок ($r=0,5-0,4$). Аналогічна ситуація спостерігалась і за дослідження зв'язку між об'ємом хліба та I_e , оцінкою хліба та I_e . Отже, показники I_e і W відіграють провідну роль у визначенні хлібопекарських якостей генотипів.

Значення I_e у групах ліній з відсутністю транслокації від комбінацій Куяльник/Княгиня Ольга та Антонівка/Княгиня Ольга, Господиня/Зміна/Княгиня Ольга було істотно вищим, ніж у ліній з транслокацією за $P_{0,01-0,001}$, а комбінація Сирена одеська/Зміна/Княгиня Ольга вирізнялась найменшою істотною різницею серед порівняльних груп.

За показником W виявляються переваги ліній без транслокації із більшості досліджених комбінацій. Винятком є лінії із комбінації Сирена одеська/Зміна/Княгиня Ольга, де істотної різниці між групами ліній не було. Обидві групи мають високий вміст глютенінів (30–32,28%), що позначається на W (430–485,7 о.а.). Ці особливості якості зерна перенесені від сорту Зміна (високі показники вмісту глютеніну — 34,47% та W — 552 о.а.). Це відображається також і у співвідношенні показників пружності (P) і розтяжності (L) тіста.

Кінцевим показником визначення хлібопекарських властивостей генотипів є визначення об'єму хліба зі 100 г борошна та характеристика хлібного м'якушу. Значну перевагу мають групи ліній з відсутністю транслокації, де вони за цими показниками істотно перевищують групу ліній з наявністю транслокації за високого рівня значущості $P_{0,001}$.

Отже, аналіз отриманих даних свідчить, що наявність у генотипах ПЖТ 1AL/1RS загалом призводить до зниження основних показників хлібопекарських властивостей борошна та якості білка. Проте, якщо розглядати кожну лінію окремо, то в групі ліній з транслокацією трапляються генотипи, які містять досить високі

3. Частота ліній з транслокацією 1AL/1RS за окремими показниками хлібопекарських властивостей борошна, %

Показник	Гібридна комбінація, кількість ліній (n)				
	Куяльник/Княгиня Ольга (n=8)	Антонівка/Княгиня Ольга (n=15)	Господиня/Зміна//Княгиня Ольга (n=6)	Сирена/Зміна//Княгиня Ольга (n=6)	
*SDS-30, мл	50–60	37,5	80	83,3	–
	61–70	25	20	16,7	50
	71	37,5	–	–	50
†I _e , %	44–53	12,5	33,3	33,3	–
	54–59	50	66,7	66,7	50
	>60	37,5	–	–	50
‡W, о.а.	<300	25	33,3	–	–
	301–350	12,5	60,0	66,7	–
	351–410	37,5	13,3	33,3	50
	>411	25	–	–	50
#P/L	0,8–0,95	50	46,7	16,7	–
	0,96–1,15	37,5	40,0	66,7	16,7
	>1,16	12,5	13,3	16,7	83,3
Об'єм хліба, см ³	1000–1200	25	40,0	83,3	16,7
	1200–1350	12,5	46,7	16,7	50,0
	>1350	62,5	13,3	–	33,3

*SDS-30 — sodium dodecyl sulfate sedimentation; †I_e — індекс еластичності клейковини; ‡W — сила борошна на альвеографі Шопена; #P/L — співвідношення: пружність тіста/розтяжність тіста.

хлібопекарські властивості. Це пояснюється тим, що у цих ліній негативний вплив на хлібопекарські властивості борошна житніх білків секалінів компенсується дією алелів з високим позитивним впливом на основні показники якості зерна — W та I_e від батьківських форм Куяльник і Зміна. Цей компенсаторний механізм позитивно змінює співвідношення окремих фракцій білка, зокрема глютенінової фракції до гліадинової (>1).

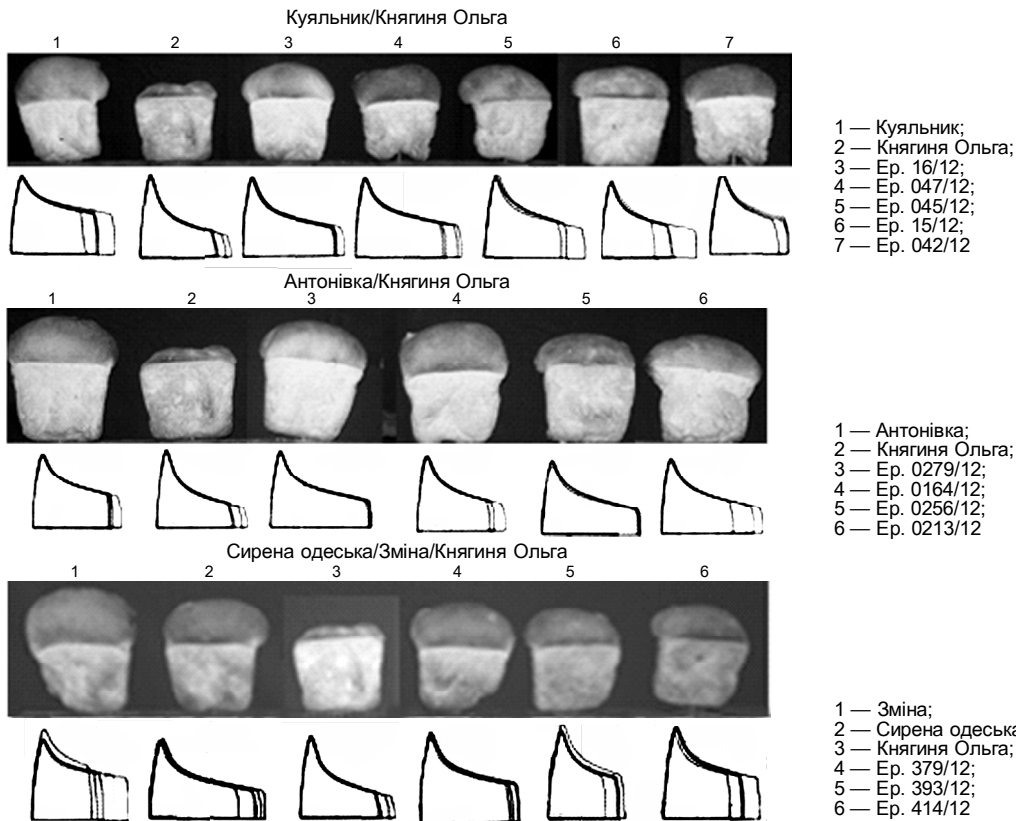
Для розширення досліджень із впливу ПЖТ 1AL/1RS на якість зерна було проведено розподіл ліній із транслокацією за основними показниками, які визначають хлібопекарські властивості борошна (табл. 3). Так, групування ліній за рівнем седиментації, I_e, W, P/L та об'єму хліба свідчить, що можна отримати достатньо якісні зі значною частотою ліній в комбінації: Антонівка/Княгиня Ольга, Господиня/Зміна//Княгиня Ольга на рівні цінних пшениць (SDS-30 — 61–70 мл, W — 300–350 о.а., I_e — 54–58 %, об'єм хліба — 1200–1350 см³) і Сирена одеська/Зміна//Княгиня Ольга, Куяльник/Княгиня Ольга на рівні сильних пшениць (SDS-30 — >70 мл, W — >400 о.а., I_e — >59%, об'єм

хліба — >1350 см³). З цього матеріалу для подальших досліджень було відібрано 12 кращих ліній, які несуть у своєму генотипі транслокацію 1AL/1RS та за показниками якості є близькими або відповідають показникам цінних і сильних генотипів (рисунок).

Дані табл. 3 свідчать, що цінним вихідним матеріалом для селекції пшениці м'якої озимої є сорти Куяльник і Зміна завдяки їхньому оригінальному білково-клейковинному комплексу та високим показникам хлібопекарських властивостей. Створені на базі цих сортів рекомбінантні лінії вирізняються досить високими показниками якості, незважаючи на наявність у їх генотипі транслокації 1AL/1RS.

Отримані лінії дають змогу конкретно оцінити можливі ефекти транслокації на якість зерна та хлібопекарські властивості борошна. Під час дослідження виявлено критерії для добору генотипів з ПЖТ 1AL/1RS, у яких виявляються підвищені показники якості зерна.

1-й критерій — співвідношення між глютеніновою та гліадиновою фракціями білка: чим вище різниця співвідношення (>1), тим більше виявляється поліпшення якості білка за наяв-



Кращі лінії F_5 з транслокацією 1AL/1RS за хлібопекарськими властивостями (всі лінії несуть ПЖТ 1AL/1RS)

ності транслокації. Про дійовість цього критерію можуть свідчити показники ліній Ер. 15/12, Ер. 16/12, Ер. 379/12, Ер. 393/12, Ер. 414/12, де різниця між глютеніном і гліадином становить 6,06–10,6%, а показники якості перебувають на рівні сильних пшениць (SDS-30 — 70–80 мл, W — 393–500 о.а., I_e — 58–65%, об'єм хліба — 1300–1500 см³).

2-й критерій — має місце за однакового співвідношення глютеніну і гліадину (близько 1), але за високого рівня вмісту глютенінів та гліадинів (>28–30% від протеїну). При цьому, незважаючи на високий вміст альбумінів, спостерігається підвищення якості білка загалом. Такі характеристики мають лінії Ер. 042/12, Ер. 0164/12, Ер. 0213/12, Ер. 0256/12.

3-й критерій — наявність алеля надвисокої якості Clu-1B5 (Clu-B1₇₇₊₈), який початково отримано від високоякісного мексиканського сорту пшениці ярої Ред Рівер 68. Цей алель ідентифіковано у сортів Зміна і Куяльник. Його наявність значно підвищує якість зерна (Ер. 042/12, Ер. 045/12, Ер. 047/12, Ер. 122/12), а також є компенсаторним фактором негативного впливу на хлібопекарські якості борошна житніх білків і підсилювачем перших двох критеріїв (Ер. 16/12, Ер. 393/12).

З цього матеріалу було отримано 2 сорти — Октава одеська та Ліга одеська, які несуть у своєму генотипі транслокацію 1AL/1RS і характеризуються оптимальним співвідношенням фракцій білка та мають відмінні хлібопекарські показники борошна.

Висновки

Наявність у генотипі пшениці м'якої озимої ПЖТ 1AL/1RS негативно впливає на якість

зерна та хлібопекарські властивості борошна через підвищену кількість водорозчинних

білків — альбумінів і секалінів (алель Sec-1) від жита. Негативний вплив на хлібопекарські властивості борошна житніх білків секалінів частково компенсується дією відомих і невідомих алелів з високим позитивним впливом на основні показники якості зерна — W та I_e . Цей компенсаторний механізм поліпшує співвідношення глютенінової і гліадинової фракцій, що може бути ефективним критерієм добору генотипів з підвищеними показниками хлібопекарських властивостей борошна.

Ключову роль в отриманні високоякісного хліба відіграють: I_e та W . До того ж вплив цих показників на якість генотипів із ПЖТ залежить не лише від вмісту білка, а й від його

якості та вдалого співвідношення його запасних білків. З цього матеріалу для подальших досліджень було відібрано 12 кращих ліній, які несуть у своєму генотипі транслокацію 1AL/1RS та в результаті компенсаторної дії алелів з позитивним впливом на якість відповідають показникам цінних і сильних генотипів. Створено і передано на державне сортопробування в 2014 р. 2 сорти — Октава одеська та Ліга одеська, які мають значні (18–22%) переваги над національними стандартами за врожайністю, відмінні хлібопекарські властивості борошна та вирізняються підвищеною стійкістю до біотичних та абіотичних факторів.

Бібліографія

1. Благодарова О.М. Геноегеографія алелів гліадин-глютенінкодуєчих локусів українських сортів озимої м'якої пшениці та їх зв'язок з агрономічними ознаками/ О.М. Благодарова, М.А. Литвиненко, Є.А. Голуб//36. наук. праць СГІ — НАЦ НАІС. — Одеса, 2004. — № 6, Ч.2. — С. 124–138.
2. Литвиненко М.А. Ефект транслокації 1AL/1RS на морозо-зимостійкість та урожайність у лінії F₅ пшениці м'якої озимої/М.А. Литвиненко, М.М. Топал// 36. наук. праць СГІ. — Одеса, 2013. — Вип. 21. — С. 44–52.
3. Попереля Ф.О. Генетика якості зерна пшениці перших генотипів надсильної пшениці України/ Ф. О. Попереля, О.М. Благодарова//Цитологія і генетика. — К., 1998. — Т. 32, № 6. — С. 11–19.
4. Рыбалка А.И. R-гліадини — проламіни ржи, синтезуючі в ендосперме пшениці/А.И. Рыбалко, Д.Д. Казарда, А.А. Созинов//Сельскохозяйственная биология. — 1985. — № 2. — С. 34–42.
5. Топал М.М. Ідентифікація і характеристика за агрономічними ознаками сортів і ліній м'якої озимої пшениці з пшенично-житніми транслокаціями//Селекція та генетика сільськогосподарських рослин: традиції та перспективи (до 100-річчя Селекційно-генетичного інституту — Національного центру насінництва та сортовивчення): Тези Міжнар. наук. конф. — Одеса, 17–19 жовтня 2012 р. — Одеса, 2012. — С. 199–200.
6. Graybosch R.A. Comparative flour quality and protein characteristics of 1BL/1RS, and 1AL/1RS wheat-rye translocation lines/R.A. Graybosch, C.J. Peterson, L.E. Hansen, D. Worrall, D.R. Shelton and A. Lukaszewski//J. Cereal Sci. — 1993. — V. 17. — P. 95–106.
7. Graybosch R.A. Uneasy unions: Quality effects of rye chromatin transfers to wheat/R.A. Graybosch// J. Cereal Sci. — 2001. — V. 33. — P. 3–16.
8. Kim W. Agronomic effect of wheat-rye translocation carrying rye chromatin (1R) from different sources/W. Kim, P.S. Jonson, P.S. Baenziger et al.//Crop Sci. — 2004. — V. 44. — P. 1254–1258.
9. Lukaszewski A.J. Frequency of 1RS/1AL and 1RS/1BL translocations in United States wheats/ A.J. Lukaszewski//Crop Sci. — 1990. — V. 30. — P. 1151–1153.
10. Villareal R.L. The effect of chromosome 1RS·1BL translocation on the yield potential of certain spring wheat (*Triticum turgidum* L.)/R.L. Villareal, S. Rajaram, A. Mujeeb-Kazi and E. del Toro. Plant Breed. — 1991. — V. 106. — P. 77–81.
11. Zeller F.J., Hsam S.K.L. Broadening the genetic variability of cultivated wheat by utilizing rye chromatin/ S. Sakamoto (ed.). — Proc. Int. Wheat Genet. Symp., 6th. — Kyoto, Japan. 28 Nov. — 3 Dec. 1983. — Plant Germplasm Inst., Kyoto Univ., Kyoto, Japan. — 1984. — P. 161–173.
12. Zeller F. Veränderung der Backeigenschaften der Weizen-Roggen Chromosomen — Translocation 1B/1R/F. Zeller, G. Gunzel, G. Fischbeek, P. Gers-ternkon, D. Weipert//Getreide Mchl. Brot. — 1982. — V. 36. — P. 141–143.

Надійшла 19.03.2014.