

Ефективність використання пшенично-житніх транслокацій (ПЖТ) 1AL/1RS і 1BL/1RS у селекції пшениці м'якої озимої

М. А. Литвиненко^{1*}, Є. А. Голуб¹, Т. М. Хоменко²

¹Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення НААН України, Овідіопольська дорога, 3, м. Одеса, 65036, Україна, *e-mail: dr_litvin@ukr.net

²Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна

Мета. Визначення генетичних ефектів ПЖТ 1AL.1RS і 1BL.1RS на врожайність, елементи продуктивності рослин та показники якості рекомбінантних ліній, установлення ефективності використання кожної з ПЖТ для створення досконаліших за цими ознаками сортів пшениці м'якої озимої в умовах ґрунтово-повітряних посух у степовій зоні України та розроблення селекційних заходів зменшення негативних ефектів транслокацій для отримання генотипів з високими показниками якості зерна цінної і сильної пшениці. **Методи.** Польові експерименти, внутрішньовидова гібридизація, оцінювання селекційного матеріалу в польових умовах, методи лабораторного визначення показників хлібопекарських якостей зерна, електрофорез запасних білків, статистичні. **Результати.** У посушливих умовах Півдня України на великому експериментальному матеріалі селекційного процесу виявлено позитивний вплив ПЖТ 1AL.1RS на врожайність рекомбінантних ліній та основні елементи продуктивності рослин, що проявляється на фоні одночасного позитивного ефекту цієї транслокації на посухо- і жаростійкість. Використання в селекції пшениці ПЖТ 1BL.1RS у цьому регіоні є менш перспективним заходом. Установлено, що введення шляхом гібридизації в місцевий генотип пшениці м'якої озимої пшенично-житніх транслокацій 1AL.1RS та 1BL.1RS змінює показники якості зерна. Зокрема, вміст білка, зазвичай, має тенденцію до підвищення, при цьому він суттєвіше зростає завдяки транслокації 1BL.1RS. Показано, що частота отримання рекомбінантних ліній, які поєднують високу врожайність та мають добрі хлібопекарські властивості не нижче цінних і сильних пшениць, досить низька (1,7–6,1%). Однак, переваги за цим показником мають інтрогресивні лінії з ПЖТ 1AL.1RS. Використовуючи комбінування в процесі гібридизації ПЖТ з алелями з високим позитивним впливом на хлібопекарські властивості, а також створюючи гетерогенність у складі генотипів з ПЖТ і без них, можна спрямовано зменшувати негативний вплив ПЖТ на якість зерна пшениці м'якої озимої і створювати сорти з параметрами якості цінних і сильних пшениць. **Висновки.** Отримані результати дають підстави стверджувати, що використання ПЖТ 1AL.1RS є перспективним напрямом подальшого селекційного нарощування генетичного потенціалу врожайності сортів пшениці м'якої озимої в посушливих умовах Півдня України. У результаті повного циклу селекційного процесу на матеріалі з ПЖТ 1AL.1RS, створена серія сортів пшениці м'якої озимої – 'Житниця одеська', 'Октава одеська', 'Ліга одеська', 'Дума одеська', 'Версія одеська', які забезпечують підвищення врожайності на 10–15% порівняно зі стандартами та занесені до Державних реєстрів сортів рослин України та Молдови.

Ключові слова: пшениця м'яка озима; рекомбінантні лінії; хлібопекарська якість; урожайність; елементи продуктивності; адаптивні властивості.

Вступ

Пшениця займає вагомe місце у зерновому балансі України [1]. Основну роль в удосконаленні культури озимої м'якої пшениці віді-

грає селекція, що відображено в багатьох публікаціях [4–6]. В усіх відомих програмах селекції озимої м'якої пшениці в Україні та за кордоном передбачається розв'язання передусім таких основних задач, як підвищення генетичного потенціалу продуктивності сортів і поліпшення їх показників якості зерна [7].

У відділі селекції і насінництва пшениці Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннезнавства і сортовивчення (СГІ – НЦНС), починаючи з 1972 р., ведеться багаторічний дослід «Історія сорто-

Nikolay Litvinenko

<https://orcid.org/0000-0002-8605-6587>

Yevheniia Holub

<https://orcid.org/0000-0002-3415-4193>

Tetiana Khomenko

<https://orcid.org/0000-0001-9199-6664>

змін». Завдяки цьому стало відомо, що в процесі селекції культури на Півдні України, одночасно зі значним ростом продуктивності (із 3–4 до 10–12 т/га) та збереженням, або навіть підвищенням стійкості до різних біо- і абіотичних чинників, досягнуто також суттєве поліпшення хлібопекарських властивостей [8]. Високий рівень генетичного потенціалу сучасних сортів ускладнює можливості подальшого селекційного вдосконалення культури й потребує пошуку нових можливостей. Такі можливості надають залучення в місцевий генофонд нової генетичної плазми та розроблення методів спрямованого збільшення генетичного різноманіття, ідентифікації та добору бажаних генотипів. Досить цікавим напрямом у селекції є створення й використання інтрогресивного матеріалу [9, 10]. Зокрема, використання в селекційних програмах пшениці м'якої озимої пшенично-житніх транслокацій (ПЖТ) 1AL/1RS і 1BL/1RS є прикладом успішного використання чужорідного ресурсу для поліпшення культури [11, 12].

Транслокації – цікавий матеріал для селекціонерів, оскільки їхня присутність у генотипі пшениці має позитивний генетичний вплив на цінні господарські й біологічні ознаки та властивості (продуктивність, стійкість до біо- та абіотичних чинників) [13–16]. Негативним моментом є той факт, що у своєму генотипі ПЖТ містять алель *Sec-1*, який контролює синтез житніх білків секалінів з негативним впливом на реологічні властивості тіста і хлібопекарські властивості борошна в пшениці [13]. Ефекти ПЖТ значною мірою модифікуються як генетичними чинниками залучених до гібридизації батьківських форм, так і конкретними характеристиками умов вирощування рослин [17, 18]. Селекційну цінність та порівняння пшенично-житніх транслокацій 1AL/1RS, 1BL/1RS у зв'язку із впливом на адаптивні властивості елементи продуктивності та якості зерна в посушливих умовах степової зони України майже не досліджували. Тому *метою досліджень* стало визначення генетичних ефектів ПЖТ 1AL.1RS і 1BL.1RS на врожайність, елементи продуктивності рослин та показники якості рекомбінантних ліній, установлення ефективності використання кожної з ПЖТ для створення досконаліших за цими ознаками сортів пшениці м'якої озимої в умовах ґрунтово-повітряних посух у степовій зоні України та розроблення селекційних заходів зменшення негативних ефектів транслокацій для отримання генотипів з високими показниками якості зерна цінної і сильної пшениці.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили у межах виконання наукової програми відділу селекції і насінництва пшениці Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насінництва та сортовивчення (СГІ – НЦНС) зі створення сортів пшениці м'якої озимої універсального типу. Польові експерименти здійснювали на полях інституту в період 2010–2020 рр. зі щорічним розміщенням після попередника чорний пар із забезпеченням оптимального агрофону для проведення селекційної роботи.

Метеорологічні умови впродовж років проведення досліджень дещо різнилися між собою, що враховувалось під час аналізу експериментальних даних. Зокрема, приведені в статті основні експериментальні дані щодо вивчення генетичного матеріалу в контрольному розсаднику, сортовипробуваннях приходяться на період 2017–2020 рр., які загалом були типовими для степової зони – посушливими. Попри те, що за вегетаційний період 2016/2017 рр. випало лише 81,2 мм опадів (за норми – 227 мм), погодні умови ранньовесняного періоду були сприятливими для росту й розвитку рослин. Упродовж формування і наливу зерна утримувалась суха й жарка погода з високими температурами повітря та суховіями, що привело до «запалу» зерна.

Веgetаційний період 2017/2018 р. був загалом посушливим, із сумарною кількістю опадів 84,6 мм та гідротермічним коефіцієнтом (ГТК) в межах 0,1–0,3. Водночас у міжфазний період цвітіння і повне досягання випадали короткочасні дощі, які сприяли формуванню відносно повноцінного зерна.

Посуха в передпосівний період 2018 р. не давала змоги своєчасно отримати сходи, але надалі достатньо волога і тепла зима сприяли їх отриманню та розвитку рослин до фази куцання. Вологий весняний період 2019 р. змінився на період повітряно-ґрунтової посухи, яка збільшувалася до кінця вегетації озимої пшениці, що спричинило «запал» зерна.

У результаті попереднього вивчення колекційного матеріалу (2012–2014 рр.) за схемою малого конкурсного випробування (залікова ділянка суцільного посіву 10 м² у трикратній повторності) були виділені зразки, які, відповідно до літературних даних [12, 16, 18], є носіями пшенично-житніх транслокацій (ПЖТ) 1AL.1RS, 1BL.1RS. Ліпшими з них за врожайністю та комплексом інших біологічних і господарсько-цінних ознак виявились

два місцевих сорти – ‘Княгиня Ольга’ і ‘Щед-рість одеська’, які були створені у відділі селекції і насінництва пшениці СГІ – НЦНС упродовж 2001–2010 рр. Обидва сорти були використані в гібридизації за топкросною схемою з найліпшими місцевими сортами, але відмінними за показникам якості зерна та електрофоретичним спектрами запасних білків.

Селекційна робота з гібридним матеріалом F_1 – F_4 здійснювалась за традиційною схемою селекційного процесу: доведення індивідуальних доборів на штучному інфекційному фоні до рівня F_5 (2017 р.) контрольний розсадник КР (ділянка суцільного посіву, залікова площа – 5 м² без повторень із частим розміщенням стандартів), F_6 (2018 р.) попереднє сорто випробування – ПСВ (ділянка суцільного посіву 10 м² у трикратній повторності), F_7 (2019 р.) – конкурсне сорто випробування – КСВ (ділянка суцільного посіву 20 м² у чотирикратній повторності). Усі польові дослідження виконували у відділі селекції і насінництва пшениці СГІ – НЦНС за загальноприйнятими методиками в селекційному процесі. У контрольному розсаднику та сорто випробуваннях заліки і спостереження проведено за методикою державного сорто випробування [19]. Крім цього, у сорто випробуваннях проаналізовано динаміку формування продуктивного стеблостою на 1 м² у трикратній повторності в три строки: 1 – фаза закінчення весняного куцання (ВВСН 29); 2 – через 15 діб після завершення весняного куцання (ВВСН 31); 3 – фаза цвітіння (ВВСН 61). За критерій посухо- й жаростійкості використано величини елімінації (відмирання) стебел у процесі вегетації, а також повноцінність сфор-

мованого зерна за такими показниками, як виповненість зерна (окомірно), маса 1000 зерен та натурна маса зерна [20].

Ідентифікацію рекомбінантних ліній за наявністю в генотипі ПЖТ розпочинали з F_5 контрольного розсадника методом електрофорезу гліадину в поліакриламідному гелі [20]. Ці дослідження виконували частково (112 ліній, 9,2%) у відділі генетичних основ селекції СГІ – НЦНС (О. І. Рибалка), решта 1093 лінії (90,8%) – в Інституті захисту рослин НААН (Н. А. Козуб, І. О. Созінов) [18]. Матеріал конкурсних сорто випробувань перевірено за наявністю транслокацій і їх стану за допомогою ДНК-маркерів (ДНК-аналіз із алель-специфічними праймерами Gli-1 та Glu-3) у відділі загальної і молекулярної генетики СГІ – НЦНС [21].

Показники якості зерна у рекомбінантних ліній визначали у відділі генетичних основ селекції СГІ – НЦНС, М. Г. Парфентьев, Л. С. Лифенко) на матеріалі контрольного розсадника методом седиментації SDS-30, у конкурсних сорто випробуваннях за схемою повного технологічного аналізу [22].

Математичну обробку (дисперсійний та кореляційний аналіз, коефіцієнт ефективності селекції, генетичний диференціал та генетичне зрушення) результатів досліджень здійснювали з використанням методик за Б. О. Доспеховим [23], П. Ф. Рокицьким [24] та на персональному комп’ютері за допомогою програми Microsoft Excel 2007.

Результати досліджень

Ефекти пшенично-житніх транслокацій на господарсько-цінні ознаки досліджува-

Таблиця 1

Урожайність рекомбінантних ліній за групами наявності / відсутності ПЖТ 1AL.1RS, 1BL.1RS

Група ліній	Контрольний розсадник (КР) 2017		Попереднє сорто випробування (ПСВ) 2018		Конкурсне сорто випробування (КСВ) 2019	
	Вивчено ліній, шт.	Середня, т/га $\bar{x} \pm m$	Вивчено ліній, шт.	Середня, т/га $\bar{x} \pm m$	Вивчено ліній, шт.	Середня, т/га $\bar{x} \pm m$
Контроль 1	280	7,25 ± 0,15	28	8,02 ± 0,94	6	7,05 ± 1,79
ПЖТ 1AL.1RS «-»	111	7,44 ± 0,96	15	8,28 ± 1,07	3	7,37 ± 2,02
ПЖТ 1AL.1RS «±»	199	7,89 ± 0,24	23	8,53 ± 0,88	7	7,58 ± 1,57
ПЖТ 1AL.1RS «+»	148	7,76 ± 0,38	15	8,36 ± 1,14	9	7,63 ± 1,94
Контроль 2	195	7,05 ± 0,36	36	8,26 ± 0,77	8	7,13 ± 2,05
ПЖТ 1BL.1RS «-»	159	6,83 ± 0,54	14	7,94 ± 1,08	5	7,06 ± 2,11
ПЖТ 1BL.1RS «±»	289	7,25 ± 0,22	43	8,37 ± 0,85	9	7,30 ± 1,95
ПЖТ 1BL.1RS «+»	299	6,84 ± 0,31	11	7,89 ± 1,09	5	6,95 ± 2,24

Примітка. «-» – транслокація відсутня; «±» – гетерогенність; «+» – транслокація присутня.

лись на рекомбінантних лініях, які були розділені за походженням із комбінацій з участю донорів ПЖТ на групи: 1 – «+» транслокація наявна в гомозиготному стані; 2 – «±» транслокація наявна в гетерозиготному стані; 3 – «-» транслокація відсутня. За такою методикою проведено аналіз урожайності ліній у процесі селекції в ланках контрольного розсадника і сортовипробувань (табл. 1).

За даних таблиці 1 випливає, що рекомбінантні лінії, у генотипі яких ПЖТ 1AL.1RS була в гомозиготному стані, вирізняються підвищеним середнім рівнем урожайності з тенденцією зростання переваг у процесі селекції над лініями контролю першого варіанту – від 4,2 до 8,2%. На рівні контрольного розсадника лінії з транслокацією в гетерозиготному стані показали найвищу врожайність (7,89 т/га) з перевагою ліній контролю № 1 на 8,8%, але в процесі селекції (від ПСВ до КСВ) відбулось зниження цих переваг до 6,3–7,5%. Ураховуючи те, що за серед-

ньою врожайністю лінії з цих же комбінацій не мали суттєвих переваг над лініями контролю № 1, можна стверджувати, що ця транслокація проявляє ефект позитивного впливу на врожайність.

Рекомбінантні лінії, в яких у генотипі знаходилась ПЖТ 1BL.1RS у гомозиготному стані, на всіх етапах селекційного процесу (КП, ПСВ, КСВ) показали суттєво нижчий показник урожайності й не мали переваг над лініями контролю № 2, що, здавалось би, можна інтерпретувати як прояв негативного ефекту цієї транслокації на врожайність. Однак той факт, що лінії з цих же комбінацій без транслокації 1BL.1RS також демонструють нижчу врожайність порівняно з лініями контролю № 2 і не мають суттєвих відмінностей від сестринських ліній з цією ПЖТ, свідчить, що зниження врожайності пов'язане не лише з можливими ефектами транслокацій. Дослідження ефективності добору за врожайністю на різних етапах селекції дає змогу відповісти на це питання (табл. 2).

Таблиця 2

Ефективність добору за врожайністю на рівні контрольного розсадника (КР) та сортовипробувань (СВ) ліній F₅-F₇, згрупованих за принципом наявності (+) чи відсутності (-) ПЖТ 1AL/1RS, 1BL/1RS (2017–2018 рр.)

Група ліній	Контрольний розсадник (КР)				Попереднє сортовипробування (ПСВ)				Конкурсне сортовипробування (КСВ)			
	Вивчено ліній, шт.	Відібрано ліній, п/%	S, т/га	R, т/га	Вивчено ліній, шт.	Відібрано ліній, п/%	S, т/га	R, т/га	Вивчено ліній, шт.	Відібрано ліній, п/%	S, т/га	R, т/га
Контроль 1	280	34/15,2	4,3	2,2	28	8/28,6	3,4	2,3	6	4/66,7	1,7	0,27
ПЖТ 1AL/1RS «-»	111	17/15,3	6,9	4,1	15	4/31,1	5,8	3,5	3	3/100,0	0,8	0,05
ПЖТ 1AL/1RS «±»	199	28/14,1	8,9	4,4	23	9/39,1	7,6	4,6	7	5/71,4	2,3	1,38
ПЖТ 1AL/1RS «+»	148	18/12,2	7,7	5,4	15	10/66,7	6,1	4,3	9	8/88,9	3,4	2,38
Контроль 2	195	47/24,1	5,5	2,8	36	19/52,8	3,8	2,7	8	6/75,0	1,4	0,98
ПЖТ 1BL/1RS «-»	159	17/10,7	4,2	2,5	14	7/50,0	2,6	1,3	5	3/60,0	0,7	0,49
ПЖТ 1BL/1RS «±»	289	49/17,0	6,4	3,2	43	24/55,8	3,1	1,6	9	5/55,6	0,5	0,30
ПЖТ 1BL/1RS «+»	229	12/5,2	5,8	4,1	11	7/63,6	1,8	1,3	5	3/60,0	0,2	0,14

Примітка. S – генетичний диференціал; R – генетичне зрушення.

Отримані результати підтверджують, що для рослинного матеріалу з транслокації 1AL.1RS у гомозиготному, гетерозиготному або гетерогенному стані ефективність добору за врожайністю загалом є суттєво вищою порівняно із сестринськими лініями контрольного варіанту (без ПЖТ 1AL.1RS).

Для матеріалу, в якому було ідентифіковано ПЖТ 1BL.1RS, показники ефективності добору виявились досить низькими порівняно з контролем. Найсуттєвіше селекційні показники ефективності добору знижуються у варіанті ліній з гетерозиготним станом ПЖТ, а

також у всіх варіантах інтрогресивних ліній з кожним етапом селекції та залежно від рівня посушливості року. Це очевидно пов'язано, з одного боку, з гомозиготацією матеріалу, а з іншого – з проявом певного негативного впливу транслокації 1BL.1RS на стійкість генотипів до посухи, особливо на етапі формування зерна. Це особливість підтвердилась надалі на результатах виділення та передання сортів на державне сортовипробування.

Отримані результати співпадають з літературними даними щодо впливу пшеничножитних транслокацій на адаптивні властивос-

ті пшениці м'якої озимої [17]. Однак, інформації, за рахунок яких саме елементів структури врожаю відбувається вплив ПЖТ на врожайність через властивості стійкості до біо- та абіотичних чинників, у літературі немає, тому це питання потребує конкретизації. Адже дослідження такого роду в посушливих умовах Півдня України взагалі відсутні. Для цього на

рекомбінантних лініях F_7 конкурсного сорто-випробування, які є завершальним етапом добору за врожайністю в кожному варіанті досліджень за принципом наявності / відсутності ПЖТ і їх стану, було проаналізовано елементи продуктивності на вибірці рослин з 1 м^2 у трикратній повторності. Результати цього аналізу наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Елементи продуктивності рослин у рекомбінантних ліній F_7 , виділених за врожайністю із гібридів різних варіантів за наявністю в генотипі ПЖТ та їх стану (дані сорто-випробування 2019 р.)

Група ліній	Вивчено ліній, шт.	Кількість продуктивних стебел на 1 м^2 , шт.	Продуктивна куцність, х, стебел/роsl.	Головний колос		Маса зерна з рослини, г	% до маси зерен з рослини бокові колосся	Маса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л
				Кількість зерен х, шт.	Маса зерна з колосу х, г				
Контроль 1	4	613	2,3	54	1,25	2,41	48,1	38,4	771
ПЖТ 1AL.1RS «-»	3	705	2,8	56	1,24	2,45	49,4	38,9	776
ПЖТ 1AL.1RS «±»	5	849	3,8	61	1,45	2,95	50,8	43,6	784
ПЖТ 1AL.1RS «+»	8	795	3,4	66	1,53	3,18	51,9	43,1	788
Контроль 2	6	629	2,8	59	1,36	2,73	51,1	40,8	772
ПЖТ 1BL.1RS «-»	3	729	2,1	58	1,37	2,59	47,1	38,7	765
ПЖТ 1BL.1RS «±»	5	834	3,5	68	1,23	2,25	45,3	36,8	747
ПЖТ 1BL.1RS «+»	3	809	2,7	63	1,04	1,88	44,7	35,8	732
HCP _{0,05}		18	0,6	4	0,11	0,21	0,7	0,6	14

У процесі селекції на рівні контрольного розсадника лінії було ідентифіковано на наявність ПЖТ за біохімічними маркерами (локусами запасних білків). А вже на рівні сорто-випробувань ця інформація була перевірена з допомогою молекулярних маркерів, що дало змогу згрупувати лінії за станом транслокації в генотипі (гомо- чи гетерозиготний стан). Зокрема, варіанти ліній з гетерозиготним станом транслокацій в F_7 набули гетерогенного стану різноякісних генотипів з різним співвідношенням за наявністю / відсутністю ПЖТ в кожній із них.

Проте кожна з гетерогенних ліній візуально була однорідною за морфометричними параметрами, що прийняті як базові в системі ідентифікації сорту в державному сорто-випробуванні (ВОС-тест).

З даних, наведених у таблиці 3, випливає, що середній рівень продуктивної куцності в лінії з ПЖТ 1AL.1RS, як у гомогенному, так і гетерогенному стані, має суттєві переваги. Крім того, ці лінії формують щільніший стеблостій порівняно з лініями контрольного варіанту та з однойменних комбінацій без ПЖТ. На лініях з ПЖТ 1AL.1RS проявляється також невелике перевищення

за кількістю зерен та його масою з головного колоса, а також за відсотком маси зерна з бокових стебел до маси зерна з рослини. Це свідчить про більшу однорідність колосся за продуктивністю на одній рослині. Найбільш переконливі дані позитивного впливу ПЖТ 1AL.1RS спостерігаються за показниками маси 1000 зерен та натурної маси зерна. Загалом аналіз результатів вивчення ефектів ПЖТ 1AL.1RS на елементи продуктивності так чи інакше свідчить про переваги генотипів із цією транслокацією за кожною з ознак, що пов'язано як із прямим позитивним впливом ПЖТ 1AL.1RS на ознаки продуктивності, так і опосередковано. Вона дає вищий рівень реалізації генетичного потенціалу цих ознак у посушливих умовах.

У ліній з ПЖТ 1BL.1RS у гомогенному чи гетерогенному стані також проявляється підвищення загальної і продуктивної куцності рослин порівняно з лініями контрольного варіанту та з тих же комбінацій, але без транслокації. Крім того, на інтрогресивних лініях спостерігається збільшення кількості зерен у головному колосі за зниження його маси. Але навіть при цьому, відношення маси зерна з бокового колоса до маси всієї

рослини, на відміну від генотипів з ПЖТ 1AL.1RS, суттєво нижче. Це свідчить про більш виражену різноякісність за продуктивністю колосся різного порядку в ліній з ПЖТ 1BL.1RS. Процес елімінації стебел у ліній з ПЖТ 1BL.1RS у будь-якому стані відбувався інтенсивніше на ранніх етапах весняної вегетації, і до фази цвітіння досягав рівня 21,6–28,6%. Значні відмінності ліній з ПЖТ 1BL.1RS спостерігаються за масою 1000 зерен та його натурною масою. У цьому разі немає достатньо підстав говорити про прямий негативний вплив ПЖТ на ці ознаки, адже у сестринських ліній без транслокації спостерігається подібний характер мінливості. Водночас істотніше зниження маси 1000 зерен та їх натурної маси через неповноцінний налив і щуплість зерна у ліній з ПЖТ 1BL.1RS свідчить про негативний вплив цієї транслокації на посухо- й жаростійкість рослин у період формування зерна, що приводить до його запалу.

Отже, ефект транслокації 1BL.1RS явно проявляється в підвищенні куцтості рослин, озерненості колосся, але в процесі вегетації всі елементи продуктивності більшою мірою лімітуються стресовим чинниками посухи.

Це пояснює той факт, що сорти пшениці м'якої озимої, які є носіями ПЖТ 1BL.1RS різного походження, найбільш поширені в регіонах з достатнім і надмірним зволоженням, де позитивні ефекти цієї транслокації на продуктивність рослин реалізуються в більш значній мірі [12]. У регіонах, де особливо чітко виражена ґрунтово-повітряна посуха в період формування зерна, через негативний вплив цієї транслокації на посухо- й жаростійкість рослин, позитивні ефекти підвищення продуктивності нівелюються. Тому очевидно, що використання селекційного матеріалу з ПЖТ 1BL.1RS у посушливому регіоні Півдня України не може забезпечити виконання завдання подальшого підвищення генетичного рівня врожайності нових сортів.

Це підтверджується й результатами багаторонного вивчення ліній з ПЖТ 1BL.1RS у станційних екологічних випробуваннях та на контрастних агротехнічних фонах, з метою виділення кандидатів у сорти. На жаль, у різні за погодно-кліматичними умовами роки (2018–2021) не вдалось виділити лінії, які б стабільно показували переваги за врожайністю над стандартами. Зокрема, в роки з достатнім вологозабезпеченням (2018–2021) вони забезпечують приріст урожайності до 14–22%, водночас у посушливі (2019, 2020) відбувається значне її зниження – до 7–18% порівняно зі стандартами. З великої кількості вивчених

ліній, у станційному сортовипробуванні залишилось для вивчення лише дві – Ер. 2372/17 ('Щедрість' × 'Мудрість') та Ер. 276/17 ('Щедрість' × 'Мудрість'), які меншою мірою реагували на посушливі умови. Цей факт вселяє надію, що негативний ефект транслокації 1BL.1RS на посухостійкість може знижуватись у певних генетичних середовищах або в гетерогенному стані.

Селекційна робота з лініями, які є носіями транслокації 1AL.1RS, виявилася більш перспективною. Позитивний вплив цієї транслокації на врожайність, елементи продуктивності рослин та на рівень адаптації до посушливих умов були підтвержені експериментально. На основі матеріалу з ПЖТ 1AL.1RS виділено й передано на державне сортовипробування серію нових сортів: 'Житниця одеська' ('Заграва одеська' × 'Княгиня Ольга'), 'Ліга одеська' ('Сирена' × 'Княгиня Ольга'), 'Дума одеська' ('Антонівка' × 'Княгиня Ольга'), 'Версія одеська' ('Місія' × 'Княгиня Ольга'), що є новим етапом у підвищенні генетичного рівня врожайності сортів степового еко типу. За даними станційного і державного сортовипробування, вони забезпечили зростання врожайності на 10–15% до стандартів. Ці сорти в період 2016–2019 рр. занесено до Державних реєстрів сортів рослин України та Молдови.

Не менш актуальним є питання вивчення впливу ПЖТ на показники якості зерна, адже літературні відомості свідчать про негативні ефекти транслокації саме на хлібопекарські властивості пшениці м'якої через контроль специфічних житніх білків – секалінів (локус Sec). Тому можливість отримання генотипів з достатньо високим рівнем якості зерна залишається дискусійним питанням [25, 26]. Особливо актуальною ця проблема є в селекційних програмах на Півдні України, де традиційно створюються сорти пшениці м'якої озимої тільки з високими показниками якості зерна, а ґрунтово-кліматичні умови регіону є сприятливими для цього [27].

Генетичні ефекти ПЖТ на показники якості зерна неможливо розглядати без ув'язки із зерновою продуктивністю селекційного матеріалу. Тому в нашій роботі одним із завдань ставилось виявити ефекти транслокації на зв'язки врожайності з показниками якості зерна.

Для виконання поставленого завдання було досліджено характер мінливості показника седиментації SDS-30 у рекомбінантних ліній F₅ (контрольний розсадник) залежно від наявності / відсутності та стану ПЖТ 1AL.1RS і 1BL.1RS (табл. 4).

Характеристика мінливості показника седиментації SDS-30 у рекомбінантних ліній F₂, згрупованих за принципом наявності / відсутності та стану ПЖТ (контрольний розсадник, 2017 р.)

Група ліній	Вивчено ліній, шт.	$\bar{x} \pm m$, мм	lim \pm , мм	Коефіцієнт варіації V, %	Дисперсія σ^2	Коефіцієнт кореляції (r) урожайність / седиментація
Контроль 1	280	68 \pm 2,23	54–68	22,7	216	-0,32
ПЖТ 1AL.1RS	111	63 \pm 4,11	48–62	26,4	322	-0,38*
«-»						
ПЖТ 1AL.1RS	199	57 \pm 5,39	42–51	31,8	364	-0,45*
«±»						
ПЖТ 1AL.1RS	148	46 \pm 5,85	40–51	36,5	388	-0,51*
«+»						
Контроль 2	195	66 \pm 2,64	53–70	25,7	238	-0,34*
ПЖТ 1BL.1RS	159	54 \pm 4,16	44–66	25,9	355	-0,47*
«-»						
ПЖТ 1BL.1RS	289	48 \pm 4,28	40–58	38,9	402	-0,51*
«±»						
ПЖТ 1BL.1RS	299	43 \pm 5,13	40–48	44,5	456	-0,58*
«+»						

*достовірно в разі $r > -0,32$

З даних таблиці 4 випливає, що наявність у генотипах ліній ПЖТ 1AL.1RS та 1BL.1RS призводить до значного зниження середнього рівня показника седиментації SDS-30 у відповідних групах, водночас рівень мінливості цього показника в цих групах значно підвищується. Причому вплив транслокації 1BL.1RS на показник SDS-30 помітно вищий за ПЖТ 1AL.1RS, про що свідчать величини зниження середнього рівня седиментації та збільшення коефіцієнта варіації і дисперсії.

Величина вибірки рекомбінантних ліній у контрольному розсаднику дала змогу встановити достовірний негативний кореляційний зв'язок між урожайністю ліній та показником седиментації SDS-30 (табл. 4). При цьому значення коефіцієнта кореляції значно зростає в групах ліній, які у своїх генотипах містять ПЖТ в гомо- чи гетерозиготному стані. При цьому ефект посилення негативного зв'язку врожайності з показником седиментації у ліній з ПЖТ 1BL.1RS суттєво перевищує аналогічний ефект у ліній з ПЖТ 1AL.1RS.

При загальному негативному впливі ПЖТ на рівень седиментації, важливо встановити можливість бажаного комбінування у ліній високої врожайності та достатньо високого показника седиментації SDS-30. Як свідчать дані групування ліній за врожайністю та седиментацією (табл. 5), найбільша частота бажаного комбінування спостерігається в контрольному варіанті, де висока седиментація поєднується з середньою врожайністю – 31,3–54,3%. Неочікувано низьким виявився відсоток позитивного комбінування у ліній без ПЖТ, але в родоводі яких є генетичні джерела транслокації, що

може свідчити про присутність у їхніх генотипах інших чинників негативного впливу на седиментацію.

Доказом можливості такого позитивного комбінування є наявність інтрогресивних ліній з ПЖТ 1AL.1RS у гомозиготному стані, які, хоча і в не великій кількості (2,0–8,1%), поєднують високу і середню врожайність з достатньо високим рівнем седиментації. Суттєво більша частота (3,0–14,1%) бажаних поєднань спостерігається у ліній із зазначеною ПЖТ в гетерозиготному (гетерогенному) стані. У групах ліній з ПЖТ 1BL.1RS у гомозиготному стані, рекомбінацій з високими значеннями седиментації зовсім не виявлено, хоча гетерозиготний (гетерогенний) стан за цією транслокацією забезпечує невелику частоту (3,8–7,3%) таких ліній.

Указані закономірності, які виявлені під час аналізу середніх частот комбінування врожайності та седиментації в деяких групах ліній за принципом наявності / відсутності ПЖТ, більш рельєфно прослідковуються на лініях, згрупованих за їх походженням. Зокрема, із 24 інтрогресивних гомогенних за ПЖТ 1AL.1RS ліній з комбінації 'Куяльник' × 'Княгиня Ольга' п'ять ліній (20,8%) мали позитивне поєднання ознак, а з 32 ліній з комбінації 'Заграва одеська' × 'Княгиня Ольга' – тільки дві (6,2%).

Вплив генетичного середовища на характер комбінування врожайності та седиментації у ліній з транслокацією 1BL.1RS проявляється за середнього рівня седиментації та високій урожайності. У ліній від прямих і зворотних схрещувань 'Мудрість одеська' × 'Щедрість одеська' із 133 інтрогресивних ліній позитивне поєднання виявлено у 16

Таблиця 5

Групування ліній F₅ пшениці м'якої озимої за принципом наявності / відсутності ПЖТ 1 AL/1RS, 1BL/1RS (дані контрольного розсадника 2017 р.)

Група ліній	Кількість гібридних комбінацій, шт.	Кількість ліній, шт.	Частота ліній з комбінуванням показників											
			Високоврожайні, 7,0–8,0 т/га			Середньоврожайні, 6,0–6,9 т/га			Низьковрожайні, 5,0–5,9 т/га					
			п/%	SDS-30, мл		п/%	SDS-30, мл		п/%	SDS-30, мл				
				60–70	50–59		40–49	60–70		50–59	40–49	60–70	50–59	40–49
Контроль 1	4	230	45/19,6	22/9,5	18/7,8	5/2,3	149/64,8	72/31,3	68/29,6	9/3,9	36/15,6	28/122	28/3,4	–
ПЖТ 1AL/1RS «-»	6	111	27/24,3	3/2,7	14/12,6	10/9,0	53/47,7	6/5,4	37/33,3	10/9,0	31/27,9	9/8,2	18/16,2	4/3,6
ПЖТ 1AL/1RS «±»	6	199	67/33,7	6/3,0	24/12,1	37/18,6	112/56,3	28/14,1	55/27,6	29/14,6	20/10,0	8/4,0	8/4,0	4/2,0
ПЖТ 1AL/1RS «+»	6	148	44/29,7	3/2,0	17/11,5	24/16,2	65/43,9	12/8,1	27/18,5	26/17,6	39/26,4	9/6,0	16/10,8	14/9,3
Контроль 2	3	195	50/25,7	38/19,5	12/6,2	–	134/68,6	107/54,3	27/13,8	–	11/5,7	8/4,2	3/1,5	–
ПЖТ 1BL/1RS «-»	7	159	28/17,5	5/3,1	8/11,3	5/3,1	51/31,9	15/9,4	20/22,6	16/10,1	80/50,6	19/11,9	47/29,5	14/8,8
ПЖТ 1BL/1RS «±»	7	289	80/27,6	11/3,8	46/15,9	23/8,0	135/16,9	21/7,3	57/17,7	57/19,7	74/25,5	7/3,4	36/12,4	31/10,7
ПЖТ 1BL/1RS «+»	7	229	49/21,5	–	14/6,1	35/15,2	64/27,9	–	16/7,0	48/21,0	116/50,6	–	62/27,1	54/23,6

ліній (12%), а у 143 ліній з комбінації 'Гарантія одеська' × 'Щедрість одеська' – тільки дві (1,4%).

Звичайно, показник седиментації SDS-30 не є прямим критерієм оцінки якості зерна, але в польових дослідах суцільної сівби на рівні контрольного розсадника і сортовипробування в наших дослідженнях цей показник має достатньо тісний кореляційний зв'язок із хлібопекарськими властивостями [28]. Тому добір ліній у контрольному розсаднику здійснювався як за врожайністю, так і за показником седиментації.

У таблиці 6 наведено характеристику деяких ліній, які мають оптимальне поєднання високої врожайності та відносно підвищених величин показника седиментації SDS-30 у

результаті дворічного (2018–2019 рр.) сортовипробування.

У родоводі цих ліній, крім джерела ПЖТ, другим батьківським компонентом використано сорт екстрасильної пшениці 'Куяльник' з декількома алелями з позитивним впливом на хлібопекарські властивості борошна (Gld 1A4, 1A10, 1B1, 1D4, Glt 1B5) [30]. Крім того, рекомбінантні лінії згруповані за принципом наявності / відсутності «генетичних чинників», які, за припущенням, могли б зменшувати негативний вплив ПЖТ на хлібопекарські властивості ліній: гомо- чи гетерогенний стан ПЖТ; наявність чи відсутність (або недостатня кількість) у генотипах цих ліній алелів із позитивним впливом на хлібопекарські властивості борошна.

Таблиця 6

Фактори зменшення негативного впливу пшенично-житніх транслокацій на хлібопекарські властивості борошна у рекомбінантних ліній пшениці (у середньому за 2018–2019 рр.)

Сорт, лінія, гібридна комбінація	Урожайність, т/га	Уміст білка, %	Сила борошна, о. а.	Об'єм хліба зі 100 г борошна, см ³	Оцінка хліба, бал
'Антонівка' St	7,04	11,6	225	1100	3,8
I. Гомогенний стан ліній за ПЖТ1AL.1RS					
Ер. 2124/17 ('Куяльник' × 'Княгиня Ольга')	7,98	12,4	240	1400	4,0
Ер. 2136/17 ('Куяльник' × 'Княгиня Ольга')	8,14	11,7	202	1010	3,4
Ер. 2138/17 ('Куяльник' × 'Княгиня Ольга')	8,36	11,9	194	980	3,1
У середньому	8,16	12,0	212	1130	3,5
II. Гетерогенний стан ліній за ПЖТ1AL.1RS					
Ер. 2146/17 ('Куяльник' × 'Княгиня Ольга')	8,15	12,8	271	1450	4,2
Ер. 2157/17 ('Куяльник' × 'Княгиня Ольга')	8,49	11,3	210	1140	3,8
Ер. 2167/17 ('Куяльник' × 'Княгиня Ольга')	8,54	11,5	203	1100	3,3
У середньому	8,39	11,9	228	1230	3,8
III. Наявність алелів із позитивним впливом на якість зерна (Gld 1A4, 1A10, 1B1, 1D4, Glt 1B5). Лінії з ПЖТ 1BL.1RS у гомогенному стані					
Ер. 2372/17 ('Куяльник' × 'Щедрість')	7,26	13,3	215	1020	3,2
Ер. 2378/17 ('Куяльник' × 'Щедрість')	7,34	12,4	198	990	2,8
Ер. 2386/17 ('Куяльник' × 'Щедрість')	7,36	12,8	204	970	2,5
У середньому	7,32	12,8	206	993	2,8
IV. Відсутність (недостатня кількість) алелів із позитивним впливом на якість зерна. Лінії з ПЖТ 1BL.1RS у гетерогенному стані					
Ер. 2396/17 ('Куяльник' × 'Щедрість')	7,18	13,1	155	890	2,0
Ер. 2418/17 ('Куяльник' × 'Щедрість')	7,35	12,6	148	880	2,0
У середньому	7,26	12,8	152	885	2,0

Як свідчать дані таблиці 6, усі виділені інтрогресивні лінії незалежно від стану ПЖТ суттєво перевищили сорт-стандарт 'Антонівка' за врожайністю. Проте, якщо лінії з ПЖТ 1AL.1RS за середньої врожайності 8,16 т/га переважали стандарт на 1,12 т/га (13,7%), то лінії з ПЖТ 1BL.1RS за середньої врожайності 7,32 т/га – лише на 0,28 т/га (4%). Таке різке зниження врожайності ліній з ПЖТ 1BL.1RS було пояснено вище негативним впливом транслокації на посухо- й жаростійкість ліній. Імовірно, цим можна пояснити також дещо підвищений уміст білка в інтрогресивних ліній з ПЖТ 1BL.1RS, адже щуплість (невиповненість) запаленого зерна зі

змінюю структури ендосперму завжди зумовлює певне підвищення його білковості [29].

На жаль, недостатньо високий агротехнічний фон польових експериментів не дав змогу повною мірою оцінити генетичний потенціал якості зерна інтрогресивних ліній. Проте з упевненістю можна сказати, що в середньому лінії з ПЖТ 1AL.1RS проявили незначну перевагу над лініями з ПЖТ 1BL.1RS за основними показниками хлібопекарських властивостей. За результатами досліджень було виділено дві лінії з ПЖТ 1AL.1RS – Еритроспермум 2124/17 у гомогенному стані та лінія Еритроспермум 2146/17 з гетерогенним станом цієї трансло-

кації, у яких усі показники якості зерна суттєво вищі за стандарт.

У цьому порівнянні, головне, попри обмежену кількість ліній, виявляються ефекти зниження негативного впливу ПЖТ на хлібопекарські властивості борошна: незначною мірою це залежить від гетерогенного стану ліній за транслокацією 1AL.1RS (ймовірно залежно від співвідношення генотипів з ПЖТ і без неї); істотніше це залежить від наявності в лініях з ПЖТ 1BL.1RS алелів з позитивним впливом на якість зерна (ймовірно залежно від кількості алелів і їх взаємодії). Докладне вивчення спрямованого впливу вказаних чинників є предметом подальших досліджень.

У результаті проведених досліджень була виділена лінія еритроспермум 2146/17 ('Жу-яльник' × 'Княгиня Ольга'), яка була передана на державне сортовипробування, і після успішної експертизи занесена до Державного реєстру сортів рослин під назвою 'Октава одеська' для поширення в усіх агрокліматичних зонах України [30]. Упродовж років державного сортовипробування (2017–2019) сорт 'Октава одеська' характеризувався такими показниками: урожайність: Степ – 5,75 т/га, Лісостеп – 6,73 т/га, Полісся – 6,19 т/га, у середньому за всіма зонами – 6,19 т/га, що вище умовного стандарту на 0,76 т/га (14,0%); маса 1000 зерен – за зонами відповідно – 42,5; 43,2 та 45,5 г; уміст клейковини – 28,4; 28,6 і 28,4%; сила борошна – 286; 300 і 294 о. а.; об'єм хліба зі 100 г борошна – 1160, 1100 і 1120 см³. За цими показниками якості зерна сорт 'Октава одеська' віднесено до групи сильних пшениць.

Висновки

Генетичні ефекти пшенично-житніх транслокацій 1AL.1RS та 1BL.1RS значною мірою модифікуються особливостями їх взаємодії в генетичних середовищах та залежно від агрокліматичних умов вирощування інтрогресивних генотипів.

Введення в місцевий генофонд пшениці м'якої озимої транслокації 1AL.1RS є високоефективним заходом, який може відіграти роль чергового етапу суттєвого селекційного вдосконалення сортів за врожайністю для посушливих умов Півдня України. У результаті повного циклу селекційного процесу на матеріалі з ПЖТ 1AL.1RS створено серію сортів пшениці м'якої озимої – 'Житниця одеська', 'Ліга одеська', 'Дума одеська', 'Версія одеська', які забезпечили підвищення врожайності проти стандартів на 10–15%. Ці сорти занесено до Державних реєстрів України та Молдови.

Негативні ефекти на посухо- й жаростійкість генотипів транслокації 1BL.1RS в екстремально посушливих умовах знижують можливості її селекційного використання, але це не виключає можливості отримання позитивного результату завдяки модифікувальному впливу генетичного середовища вдало дібраної гібридної комбінації.

Комбінування в генотипі ПЖТ з алелями, що позитивно впливають на хлібопекарські властивості, а також створюючи гетерогенність у складі генотипів з ПЖТ і без них у певному співвідношенні, можна спрямовано зменшувати негативний вплив ПЖТ на якість зерна пшениці м'якої озимої, і створювати сорти з параметрами якості цінних і сильних пшениць. Причому частота отримання рекомбінантних ліній, які поєднують високу врожайність та підвищений рівень хлібопекарських властивостей, підвищується за використання інтрогресивних ліній з ПЖТ 1AL.1RS. Прикладом є створений у відділі селекції та насінництва пшениці СП – НЦНС високожаростійкий сорт сильної пшениці 'Октава одеська', який занесений до Державного реєстру для поширення в усіх агрокліматичних зонах України.

Використана література

1. Колючий В. Т., Власенко В. А., Борсук Г. Ю. Селекція, насінництво і технології вирощування зернових колосових культур у Лісостепу України. *Пшениця м'яка озима. Народногоосподарське значення та стан культури в Україні* / за ред. В. С. Кочмарського, В. Т. Колючого. Київ: Аграрна наука, 2007. С. 5–6.
2. Уліч Л. І. Вдосконалення дослідження сортів озимої пшениці. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2006. № 3. С. 83–90. doi: 10.21498/2518-1017.3.2006.67682
3. Рибалка О. І. Якість пшениці та її поліпшення. Київ: Логос, 2011. 496 с.
4. Колючий В. Т. Селекція пшениці озимої на якість зерна в Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2011. Вип. 100. С. 160–131. doi: 10.30835/2413-7510.2011.66545
5. Базалій В. В., Бойчук І. В., Ларченко О. В. Еколого-генетичні основи адаптивної селекції зернових культур (огляд літературних джерел). *Таврійський науковий вісник*. 2012. Вип. 79. С. 3–13.
6. Васильківський С. П., Кочмарський В. С. Селекція і насінництво польових культур. Біла Церква: Миронівська друкарня, 2016. 376 с.
7. Уліч Л. І., Лисікова В. М. Сорти пшениці озимої для інтенсивних технологій. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2006. № 3. С. 103–108. doi: 10.21498/2518-1017.3.2006.67724
8. Литвиненко М. А. 100 років розвитку селекційних програм пшениці м'якої озимої. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2016. № 2. С. 75–82. doi: 10.21498/2518-1017.2(31).2016.70324
9. Моцний І. І., Молодченкова О. О., Литвиненко М. А., Голуб Є. А. Застосування інтрогресивних ліній пшениці м'якої озимої для підвищення вмісту білка в зерні. *Селекція і насінництво*. 2019. Вип. 115. С. 75–92. doi: 10.30835/2413-7510.2019.172784
10. Моцний І. І., Нарган Т. П., Наконечний М. Ю., Лифенко С. П. Результати використання інтрогресивних генотипів при створенні донорів стійкості до борошнистої роси, видів іржі та інших ознак у пшениці м'якої. *Селекція і насінництво*. 2020. Вип. 117. С. 119–138. doi: 10.30835/2413-7510.2020.207004
11. Козуб Н. О., Созінов І. О., Карелов А. В. та ін. Поширеність пшенично-житніх транслокацій 1BL.1RS і 1AL.1RS у сортів

- пшениці м'якої озимої української селекції. *Захист і карантин рослин*. 2015. Вип. 61. С. 148–153.
12. Моргун Б. В. Стан та перспективи використання пшенично-житних транслокацій у селекції озимої м'якої пшениці. *Фізіологія рослин і генетика*. 2016. Т. 48, № 4. С. 324–343. doi: 10.15407/frg2016.04.324
 13. Лісова Г. М., Собко Т. О. Особливості прояву стійкості носіїв транслокацій 1AL/1RS до дії збудника бурої іржі пшениці в умовах Правобережного Лісостепу України. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2017. Вип. 21. С. 160–163. doi: 10.7124/FEE0.v21.827
 14. Власенко В. А., Колючий В. Т., Козуб Н. О., Собко Т. О. Селекційна цінність пшенично-житної транслокації 1AL/1RS при створенні сортів озимої м'якої пшениці. *Науково-технічний бюлетень Миронівського інституту пшениці УААН*. 2006. Вип. 5. С. 84–94.
 15. Созінов І. О., Козуб Н. О., Бідник Г. Я. та ін. Озерненість та інші ознаки продуктивності рослин F₁ пшениці м'якої від схрещення форм з транслокаціями 1BL/1RS і 1AL/1RS. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2016. Т. 18. С. 154–158.
 16. Козуб Н. О., Созінов І. О., Бідник Г. Я. та ін. Створення ліній пшениці м'якої озимої з рекомбінантним плечем 1RS як джерела нових поєднань генів стійкості проти збудників хвороб і шкідників. *Захист і карантин рослин*. 2016. Вип. 62. С. 143–150. doi: 10.36495/1606-9773.2016.62.143-150
 17. Топал М. М. Адаптивні властивості та продуктивність сортів в ліній з пшенично-житними транслокаціями в умовах Півдня України. *Збірник наукових праць СГІ – НЦНС*. 2014. Вип. 23. С. 88–99.
 18. Козуб Н. О., Созінов І. О., Колючий В. Т. та ін. Ідентифікація 1AL/1RS транслокації у сортів м'якої пшениці української селекції. *Цитологія і генетика*. 2005. Т. 39, № 4. С. 20–24.
 19. Методика державного сортопробування сільськогосподарських культур. Вип. 2. Зернові, круп'яні та зернобобові культури / за ред. В. В. Волкодава. Київ : АЛЕФА, 2001. 65 с.
 20. Рибалка О. І., Червоніс М. В., Топораш І. Г. та ін. Наукове обґрунтування розробки нових методів оцінки хлібопекарської якості борошна пшениці. *Хранение и переработка зерна*. 2006. № 1. С. 43–48.
 21. Сударчук Л. В., Чеботар С. В., Рибалка О. І. Детекція модифікованої транслокації 1rS.1BL за допомогою молекулярних маркерів у селекційному матеріалі м'якої пшениці. *Вісник Одеського національного університету. Біологія*. 2010. Т. 15, № 6. С. 39–48.
 22. Пшениця. Технічні умови : ДСТУ 3768:2010. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 17 с.
 23. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) 5-е изд., доп. и перераб. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
 24. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Изд. 3-е, испр. Минск : Высшэйшая школа, 1973. 320 с.
 25. Рибалка О. І., Литвиненко М. А. Використання в селекції пшениці транслокації 1RS/1BL. *Вісник аграрної науки*. 2007. № 12. С. 36–40.
 26. Литвиненко М. А., Топал М. М. Генетичні фактори позитивного впливу на якість зерна у ліній пшениці м'якої озимої з житньою транслокацією 1AL/1RS. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 5. С. 36–42.
 27. Васильківський С. П., Гудзенко В. М., Кочмарський В. С., Кириленко В. В. Реалізація потенціалу сортів зернових культур – шлях вирішення продовольчої проблеми. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2017. Т. 21. С. 47–51. doi: 10.7124/FEE0.v21.805
 28. Литвиненко М. А., Голуб Є. А. Ефективність методу седиментації SDS30 в селекції пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) за хлібопекарськими властивостями. *Збірник наукових праць СГІ–НЦНС*. 2017. Вип. 29. С. 6–18.
 29. Литвиненко М. А., Голуб Є. А. Критерії ідентифікації екстра-сильних генотипів. *Збірник наукових праць СГІ – НЦНС*. 2011. Вип. 17. С. 82–95.
 30. Каталог сортів та гібридів Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насінництва та сортовицтва. Одеса, 2021. 184 с.

References

1. Koliuchyi, V. T., Vlasenko, V. A., & Borsuk, H. Yu. (2007). Breeding, seed production and growing technologies of grain-arcrops in the forest-steppe of Ukraine. In V. S. Kochmarskyi, & V. T. Koliuchyi (Eds.), *Pshenytsia miaka ozyma. Narodnohospodarske znachennia ta stan kultury v Ukraini* [Softwinterwheat. National economic importance and state of culture in Ukraine] (pp. 5–6). Kyiv: Ahrarnanauka. [In Ukrainian]
2. Ulich, L. I. (2006). Improvement of the research of winter wheat varieties. *Plant Varieties Studying and Protection*, 3, 83–90. doi: 10.21498/2518-1017.3.2006.67682 [In Ukrainian]
3. Rybalka, O. I. (2011). *Yakist pshenytsi ta ii polipshennia* [Wheat quality and its improvement]. Kyiv: Lohos. [In Ukrainian]
4. Koliuchyi, V. T. (2011). Selection of winter wheat for grain quality in the Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Breeding and Seed Production*, 100, 160–131. doi: 10.30835/2413-7510.2011.66545 [In Ukrainian]
5. Bazalii, V. V., Boichuk, I. V., & Larchenko, O. V. (2012). Ecological and genetic basis of adaptive selection of grain crops (review of literary sources). *Tavria Scientific Bulletin*, 79, 3–13. [In Ukrainian]
6. Vasylykivskiy, S. P., & Kochmarskyi, V. S. (2016). *Selektsiia i nasinnytstvo polovoykh kultur* [Selection and seed production of field crops]. Bila Tserkva: Myronivska drukarnia. [In Ukrainian]
7. Ulich, L. I., & Lysikova, V. M. (2006). Varieties of winter wheat for intensive technologies. *Plant Varieties Studying and Protection*, 3, 103–108. doi: 10.21498/2518-1017.3.2006.677248. [In Ukrainian]
8. Lytvynenko, M. A. (2016). 100 years of development of soft winter wheat breeding programs. *Plant Varieties Studying and Protection*, 2, 75–82. doi: 10.21498/2518-1017.2(31).2016.70324 [In Ukrainian]
9. Motsnyi, I. I., Molodchenkova, O. O., Lytvynenko, M. A., & Holub, Ye. A. (2019). Use of introgression winter bread wheat lines to increase the protein content in grain. *Plant Breeding and Seed Production*, 115, 75–92. doi: 10.30835/2413-7510.2019.172784 [In Ukrainian]
10. Motsnyi, I. I., Nargan, T. P., Nakonechnyi, M. Y., & Lyfenko, S. P. (2020). Results of the use of introgressive genotypes in the creation of donors of resistance to powdery mildew, types of rust and other traits in common wheat. *Plant Breeding and Seed Production*, 117, 119–138. doi: 10.30835/2413-7510.2020.207004 [In Ukrainian]
11. Kozub, N. O., Sozinov, I. O., Karelav, A. V., Bidnyk, H. Ya., Demianova, N. O., Blium, Ya. B., & Sozinov, O. O. (2015). Occurrence of wheat-rye 1BL/1RS and 1AL/1RS translocations in winter common wheat varieties of Ukrainian breeding. *Plant Protection and Quarantine*, 61, 148–153. [In Ukrainian]
12. Morhun, B. V. (2016). State and perspectives of wheat-rye translocations use in winter wheat breeding. *Plant Physiology and Genetics*, 48(4), 324–343. doi: 10.15407/frg2016.04.324 [In Ukrainian]
13. Lisova, H. M., & Sobko, T. O. (2017). Peculiarities of resistance of carriers translocation 1AL/1RS to leaf rust of wheat in conditions of Forest-steppe zone of Right-bank of Ukraine. *Factors in Experimental Evolution of Organisms*, 21, 160–163. doi: 10.7124/FEE0.v21.827 [In Ukrainian]
14. Vlasenko, V. A., Koliuchyi, V. T., Kozub, N. O., & Sobko, T. O. (2006). Breeding value of wheat-rye translocation 1AL/1RS in the creation of varieties of winter soft wheat. *Scientific and Technical Bulletin of the V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of UAAS*, 5, 84–94. [In Ukrainian]
15. Sozinov, I. O., Kozub, N. O., Bidnyk, H. Ya., Demianova, N. O., Blium, Ya. B., & Sozinov, O. O. (2016). Seed set and other productivity traits in common wheat F₁ plants with the 1BL/1RS and 1AL/1RS translocations. *Factors in Experimental Evolution of Organisms*, 18, 154–158. [In Ukrainian]
16. Kozub, N. A., Sozinov, I. A., Bidnyk, A. Ya., Demianova, N. A., Blume, Ya. B., & Sozinov, A. A. (2016). Development of com-

- mon wheat lines with the recombinant arm 1RS as a source of new combinations of disease and pest resistance genes. *Plant Protection and Quarantine*, 62, 143–150. doi: 10.36495/1606-9773.2016.62.143-150 [In Ukrainian]
17. Topal, M. M. (2014). Adaptive properties and productivity of varieties and lines with wheat-rye translocations in the conditions of Southern Ukraine. *Collected Scientific Articles of PBGI – NCSCI*, 23, 88–99. [In Ukrainian]
 18. Kozub, N. O., Sozinov, I. O., Koluchiy, V. T., Vlasenko, V. A., Sobko, T. O., & Sozinov, O. O. (2005). Identification of 1AL/1RS translocation in winter common wheat varieties of Ukrainian breeding. *Cytology and Genetics*, 39(4), 20–24. [In Ukrainian]
 19. Volkodav, V. V. (Ed.). (2001). *Metodyka derzhavnoho sortovyrobuvannya silskohospodarskykh kultur. Vyp. 2. Zernovi, krupiani ta zernobobovi kultury* [The method of state variety testing of agricultural crops. Vol. 2. Grain, cereals and leguminous plants]. Kyiv: Alefa. [In Ukrainian]
 20. Rybalka, O. I., Chervonis, M. V., Toporash, I. H., Surzhenko, I. O., Bodelan, O. P., & Shcherbyna, Z. V. (2006). Scientific rationale for the development of new methods for assessing the baking quality of wheat flour. *Grain Storage and Processing*, 1, 43–48. [In Ukrainian]
 21. Sudarchuk, L. V., Chebotar, S. V., & Rybalka, O. I. (2010). Detection centric translocation 1RS.1BL by using molecular markers in breeding material of soft wheat. *Odesa National University Herald. Biology*, 15(6), 39–48. [In Ukrainian]
 22. *Wheat. Specifications: State standard of Ukraine (DSTU) 3768:2010*. (2010). Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine. [In Ukrainian]
 23. Dospikhov, B. A. (1985). *Metodyka polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)] (5th ed., rev. and enl.). Moscow: Agropromizdat. [In Russian]
 24. Rokitskiy, P. F. (1973). *Biologicheskaya statistika* [Biological statistics]. 3rd ed., rev. Minsk: Vysheyshaya shkola. [In Russian]
 25. Rybalka, O. I., & Lytvynenko, M. A. (2007). Use of 1RS/1BL translocations in wheat breeding. *Bulletin of Agricultural Science*, 12, 36–40. [In Ukrainian]
 26. Lytvynenko, M. A., & Topal, M. M. (2014). Genetic factors of positive influence on grain quality in soft winter wheat lines with rye translocation 1AL/1RS. *Bulletin of Agricultural Science*, 5, 36–42. [In Ukrainian]
 27. Vasylykivskiy, S. P., Gudzenko, V. M., Kochmarskiy, V. S., & Kyrylenko, V. V. (1970). Realization of cereals varieties potential as a way of solving the food problem. *Factors in Experimental Evolution of Organisms*, 21, 47–51. doi: 10.7124/FEE0.v21.805 [In Ukrainian]
 28. Lytvynenko, M. A., & Holub, Ye. A. (2017). Effectiveness of the SDS-30 sedimentation method in the selection of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) for baking properties. *Collected Scientific Articles of PBGI – NCSCI*, 29, 6–18. [In Ukrainian]
 29. Lytvynenko, M. A., & Holub, Ye. A. (2011). Criteria for identification of extra strong genotypes. *Collected Scientific Articles of PBGI – NCSCI*, 17, 82–95. [In Ukrainian]
 30. *Kataloh sortiv ta hibrydiv Seleksiino-henetychnoho instytutu – Natsionalnoho tsentru nasinnieznavstva ta sortovyvchennia* [Catalog of varieties and hybrids of the Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivars Investigation]. (2021). Odesa: N. p. [In Ukrainian]

UDC 633.11."327":631.527:631.524.85:631.

Lytvynenko, M. A.¹, Holub, E. A.¹, & Khomenko, T. M.² (2022). Efficiency of using of wheat-rye translocations (WRT) 1AL/1RS and 1BL/1RS in soft winter wheat breeding. *Plant Varieties Studying and Protection*, 18(2), 98–109. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.18.2.2022.265177>

¹Plant Breeding and Genetics Institute – National Centre of Seed and Cultivar Investigations, 3 Ovidiopolska doroha, Odesa, 65036, Ukraine, e-mail: dr_litvin@ukr.net

²Ukrainian Institute of Plant Varieties Examination, 15 Henerala Rodymtseva St., Kyiv, 03041, Ukraine

Purpose. To determine the genetic effects of WRT 1AL.1RS and 1BL.1RS on the yield, plant productivity elements and quality indices of recombinant lines, to determine the effectiveness of using each of the WRT for creating more perfect varieties of soft winter wheat in these traits under soil-air drought in the steppe zone of Ukraine and development of breeding techniques to reduce the negative effects of translocation to produce genotypes with high quality indices of valuable and strong wheat grain. **Methods.** Field experiments, intraspecific hybridization, evaluation of breeding material in the field, methods of laboratory determination of baking quality indices of grain, electrophoresis of spare proteins, statistical. **Results.** Under arid conditions of the South of Ukraine on the large experimental material of breeding process, a positive effect of 1AL.1RS on the yield of recombinant lines and the main elements of plant productivity were determined, which was manifested against the background of simultaneous positive effect of this transposition on the drought and heat tolerance. The use of 1BL.1RS in wheat breeding in this region is less promising technique. It has been determined that introduction of 1AL.1RS, 1BL.1RS translocations into local gene pool of soft winter wheat by hybridization changes the grain quality indices. In particular, the protein content tends to increase

more significantly under the influence of 1BL.1RS translocation. It has been shown that the frequency of obtaining recombinant lines which combine high yield and sufficient level of baking properties (not lower than valuable and strong wheat) is quite low (1,7–6,1%), but introgressive lines with 1AL.1RS have the advantages in this parameter. Using such genetic factors as hybridization combining WRT with alleles with high positive effect on baking properties, and also creating heterogeneity in the composition of genotypes with and without WRT, one can purposefully reduce the negative impact of WRT on the quality of soft winter wheat grain and create varieties with quality parameters of valuable and strong wheat. **Conclusions.** In general, the results achieved give reason to assert that the use of WRT 1AL.1RS is a promising direction for further breeding increase of genetic capacity of soft winter wheat varieties in the arid conditions of the South of Ukraine. As a result of full cycle of breeding process on the material with 1AL.1RS WRT a series of varieties of soft winter wheat 'Zhytnytsia odeska', 'Oktava odeska', 'Liha odeska', 'Duma odeska', 'Versiia odeska', providing 10 – 15% increase in yield to standards was created and included in the State Register of Ukraine and Moldova.

Keywords: soft winter wheat, recombinant lines, baking quality, yield, performance elements, adaptive properties.

Надійшла / Received 08.06.2022
Погоджено до друку / Accepted 26.06.2022