

СТВОРЕННЯ ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МІЖВИДОВИХ СХРЕЩУВАНЬ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ НА ПІДВИЩЕНИЙ ВМІСТ БІЛКА

І.І. МОЦНИЙ¹, М.А. ЛИТВИНЕНКО², О.О. МОЛОДЧЕНКОВА³,
В.М. СОКОЛОВ⁴, В.І. ФАЙТ⁵, В.Ю. СЕЧНЯК⁶

Селекційно-генетичний інститут-Національний центр насіннезнавства та сортовивчення, Одеса

E-mail: motsnyii@gmail.com¹, dr_litvin@ukr.net², olgamolod@ukr.net³, sgi-uaan@ukr.net⁴, faygen@ukr.net⁵, gen.resursi@ukr.net⁶

Наведені результати створення нового вихідного матеріалу пшениці м'якої озимої з підвищеним вмістом білка при міжвидових схрещуваннях. Досліджено 35 первинних (2–4 схрещування з сучасними сортами) та 20 удосконалених (5 і більше схрещувань з сучасними сортами) інтрогресивних ліній пшениці м'якої озимої та виділено дев'ять генотипів, що характеризуються підвищеним відносним вмістом білка, а також групи ліній, що поєднували відносно високі показники маси тисячі зерен (МТЗ) або вмісту білка зі стійкістю до листкової або стеблової іржі та чужинним опушенням колоса. Виявлено вірогідний вплив групування ліній за кількістю схрещувань з сучасними сортами на урожайність, збір білка та седиментацію, а комбінації схрещування, зокрема джерела чужинних ознак, на вміст білка і МТЗ. Показано, що підвищення вмісту білка в зерні, яке супроводжує віддалені схрещування, не завжди пов'язане з покращенням якості борошна. Відмічено низьку частоту об'єднання у покращених ліній показників високої білковості, крупнозерності з високою врожайністю та якістю зерна. Установлено відсутність кореляції більшості досліджених ознак зі значеннями вмісту білка, та слабка позитивна кореляція ($r = 0,28^* \dots 0,30^*$) МТЗ з обома показниками якості – седиментацією і вмістом білка. Урожайність ліній негативно корелювала з вмістом білка ($r = -0,43^*$) лише в одному варіанті досліді. Виділені лінії B241_09, E2792_14, E1598_12 та Од.267b, які мали відносно вищий вміст білка і поєднують помірну стійкість до окремих хвороб з відносно високими показниками врожайності та седиментації. Виділені лінії характеризуються нестабільністю за урожайністю та іншими ознаками в різних умовах і потребують поліпшення стосовно стабільності цих показників. Створені на базі Одеської 267 майже ізогенні за стійкістю до листкової іржі лінії (E2363_14, E2368_14 і E2369_14) на низькому агрофоні перевершили за урожайністю, вмістом білка та МТЗ рекурентний сорт Одеську 267. Шляхом міжвидової гібридизації і подальших складних

ступінчастих схрещувань з елементами рекурентної селекції не вдалося поєднати в одному генотипі високу продуктивність в оптимальних умовах з толерантністю до жорстких умов посухи.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., віддалена гібридизація, транслокація, інтрогресивні лінії, вміст білка, якість, продуктивність.

Вступ. Однією з головних вимог, що постає перед сучасним виробником, є отримання великих валових зборів зерна пшениці з високими показниками його якості, яка, перш за все, цінується за вмістом білка в ньому. Більш того, формування високої хлібопекарської якості можливе лише при достатньо високих показниках вмісту білка [1]. Тому проблема генетичного підвищення вмісту білка відноситься до розряду найзначніших науково-практичних задач селекції, які традиційно мають гострий і іноді навіть дискусійний характер [2–4]. Хоча в світі давно відомі зразки пшениці м'якої озимої з підвищеним вмістом білка (на 2–3 %), проте при посіві в інших екологічних або агротехнічних умовах вони далеко не завжди проявляють свої переваги [5] і інколи формують дрібне та шупле зерно. А наявність зворотного зв'язку між вмістом білка і продуктивністю рослин, відсутність надійних генетичних джерел ознаки, висока залежність варіації ознаки від чинників середовища створюють значні труднощі і навіть породжують певний скептицизм стосовно селекції на підвищений вміст білка, в усякому разі шляхом внутрішньовидової гібридизації.

Одним із найпотужніших інструментів розширення генетичної мінливості пшениці, зокрема стосовно вмісту білка, є віддалена гібридизація [6, 7]. Відомо, що дикорослі види при низькому рівні зернової продуктивності спроможні накопичувати гіпертрофовано ба-

© І.І. МОЦНИЙ, М.А. ЛИТВИНЕНКО,
О.О. МОЛОДЧЕНКОВА, В.М. СОКОЛОВ, В.І. ФАЙТ,
В.Ю. СЕЧНЯК, 2019

гато білка в зерні (до 30 %) [8]. Шляхом схрещування віддалених видів з високопродуктивними сортами вдається суттєво підвищити вміст білка у одержаних ліній [9, 10]. Проте, похідні міжвидової гібридизації як правило поступаються батьківським формам і стандартам, в першу чергу, за продуктивністю та масою тисячі зерен [11], з якими вміст білка часто пов'язаний небажаними кореляціями. Це пояснюється багатьма чинниками, зокрема недостатньою ефективністю інтрогресивних процесів, цитологічною або генетичною нестабільністю інтрогресивного матеріалу. Більш перспективними, в цьому відношенні, видаються схрещування з видами, що мають спільні з пшеницею геноми, особливо з донором генома D – *Aegilops tauschii* Coss., так як завдяки саме його участі м'яка пшениця набула хлібопекарських властивостей, адаптивності та інших якостей, що роблять її головною хлібною культурою земної кулі. З іншого боку, з цим геномом пов'язують і низку негативних ознак, що підлягають покращенню, зокрема сприйнятливість до грибкових захворювань та знижений вміст білка в зерні. Застосування 42-хромосомних амфіплоїдів тетраплоїдних видів пшениці та *Ae. tauschii* дозволяє перенести в геном пшениці не лише окремі гени якісних ознак егілопса, а й цілі полігенні системи, що контролюють кількісні ознаки, в тому числі крупнозерність і вміст білка, шляхом звичайної гомологічної кон'югації хромосом D-геномів пшениці і дикорослого виду [12].

В нашій роботі була поставлена задача – вивчити можливість одержання крупнозерних високобілкових форм при віддаленій гібридизації різних джерел чужинних ознак з відповідно підібраними сучасними районуваними сортами пшениці та дослідити зв'язки між окремими агрономічними та господарсько-цінними ознаками.

Матеріали та методи. Для одержання інтрогресивних ліній м'якої пшениці використовували проміжні форми – 42-хромосомні синтетичні амфіплоїди тетраплоїдних видів пшениці (*T. durum*, *T. dicoccum*, *T. timopheevii*) та *Ae. tauschii*, які в залежності від походження мають 1–2 субгеноми пшениці та 1–2 чужинні геноми. Для створення удосконалених інтрогресивних

ліній застосовували схрещування з первинними інтрогресивними лініями *Erythrospermum* 200/97-2 (E200_97-2), *Hostianum* 242/97-1 (H242_97-1) і *Hostianum* 242/97-2 (H242_97-2), колекційним зразком H74_90-245 та амфіплоїдом ЧЕ1342_98 з колекції відділу загальної та молекулярної генетики СГІ – НЦНС. Лінії E200_97-2, H242_97-1 та H242_97-2 створені від схрещування октоплоїдного тритикале АД825 (Гостіанум 237/жито Воронежське СГІ) з сортом озимої твердої пшениці Чорномор і спонтанного перезапилення гібридів F₃ пилком колекційного зразка H74_90-245. В свою чергу, зразок H74_90-245 був одержаний в ІПС «Добруджа», Генерал-Тошево (Болгарія) від схрещування (*T. aestivum* L. Tom Pouce Blanc/АД(*T. timopheevii* Zhuk. × *Ae. tauschii* Coss. ssp. *strangulata*) // *T. aestivum* Аврора /3/ *T. aestivum* Русалка). В НЦГРРУ ІР ім. В.Я. Юр'єва (м. Харків) він інтродукований під номером IU029995. Ярий синтетичний амфіплоїд ПЕАГ(*T. dicoccum* Schuebl. u-244569/*Ae. tauschii* Coss. k-110, A^uBD) створено М.С. Летифовою на ДДС ВІРа і отримано від Р.Л. Богуславського (НЦГРРУ ІР ім. В.Я. Юр'єва) під каталожним номером UA0500010. Амфіплоїд *T. kiharae* (*T. timopheevii* subsp. *timopheevii* × *Ae. tauschii*) створено в Університеті м. Кіото (Японія) і отримано також із НЦГРРУ ІР ім. В.Я. Юр'єва (№ UA0500014). Амфіплоїди (*T. durum*/зразки *Ae. tauschii*) створені в СИММУТ (Мексика) і отримані нами від О.І. Рибалки з колекції відділу генетичних основ селекції СГІ – НЦНС. Амфіплоїд (геномно-заміщена форма, 2n = 42, AABBS'S') ЧЕ1342_98 отримано нами від схрещування сорту твердої пшениці Чорномор з октоплоїдним НПЕА *Elytricum fertile* і подальшим заміщенням геному D м'якої пшениці S' геномом тетраплоїдного виду *Elymus sibiricus* L.

В результаті схрещувань (всього 27 комбінацій) з сучасними сортами СГІ – НЦНС (Одеська 267, Альбатрос одеський, Никонія, Селянка, Куяльник, Панна, Гурт, Віген) після численних багаторічних індивідуальних доборів за наявністю чужинних ознак одержано 35 первинних (2–4 схрещування з сучасними сортами) та 20 удосконалених (5 і більше схрещувань з сучасними сортами) інтрогресивних селекційних ліній пшениці м'якої озимої, які разом із 4 сортами-стандартами послужили ма-

теріалом чинного дослідження (табл. 1). Кілька первинних ліній одержані за участі старого сорту Ульяновка та від схрещування між собою похідних відомого в минулому сорту Гос-

тіанум 237. При доборі селекційних ліній особливу увагу звертали на їхню константність як за окремими, в тому числі чужинними, ознаками, так і за їх комплексом.

Таблиця 1. Статистичні показники ознак досліджених ліній

Рік	Стандарти				Первинні лінії				Удосконалені лінії			
	N	$\bar{X} \pm S_x$	LV	CV	N	$\bar{X} \pm S_x$	LV	CV	N	$\bar{X} \pm S_x$	LV	CV
<i>ДК, 05</i>												
2015	14	15,8 ± 0,4	13–17	8,6	35	16,8 ± 0,6	12–27	22,6	20	18,3 ± 0,5	16–25	12,4
2016	8	7,3 ± 0,4	7–8	5,3	10	8,8 ± 0,5	8–13	18,4	16	9,7 ± 0,6	7–16	23,3
<i>ВР, см</i>												
2015	14	94 ± 2	85–104	6,4	35	101 ± 2	54–127	11,7	20	93 ± 3	78–113	12,6
2016	8	98 ± 2	92–104	5,6	10	112 ± 3	92–124	8,7	16	99 ± 3	75–118	11,6
<i>ЗО, бал</i>												
2015	14	4,3 ± 0,2	3+...5	13,5	35	3,0 ± 0,1	2–...4+	25,7	20	3,3 ± 0,1	2+...4+	20,4
<i>Ур, ц/га</i>												
2015	14	83,8 ± 2,7	71,3–100,9	11,0	35	55,8 ± 2,3	22,8–85,9	24,1	20	69,1 ± 2,6	48,8–86,4	17,1
2016	11	87,9 ± 2,2	75,0–105,0	8,2	10	71,7 ± 2,4	58,2–88,0	10,5	16	80,0 ± 1,9	66,0–92,0	9,6
П	24	53,0 ± 0,9	45,0–62,0	7,9	31	46,6 ± 1,0	30–59	12,3	35	50,1 ± 1,0	40,5–60,5	11,4
<i>Б, %</i>												
2015	4	8,8 ± 0,2	8,3–9,2	4,9	25	9,0 ± 0,2	7,4–10,7	8,6	16	9,2 ± 0,2	8,0–11,1	9,3
2016	8	10,0 ± 0,3	9,2–11,4	7,8	9	10,7 ± 0,1	10,0–11,0	3,2	15	10,8 ± 0,1	9,8–11,7	4,7
П	24	13,2 ± 0,1	12,0–14,2	4,2	31	13,6 ± 0,1	12,8–14,8	3,2	35	13,6 ± 0,1	12,5–14,7	4,5
<i>ЗБ, ц/га</i>												
2015	4	7,9 ± 0,6	6,7–9,3	14,2	25	5,4 ± 0,2	3,3–7,8	21,9	16	6,6 ± 0,3	4,7–9,2	17,8
2016	8	8,9 ± 0,5	7,3–12,0	16,6	9	7,8 ± 0,2	7,2–9,3	8,1	15	8,8 ± 0,2	7,4–10,0	10,6
П	24	7,0 ± 0,1	5,9–8,3	9,0	31	6,4 ± 0,1	4,0–8,5	12,9	35	6,8 ± 0,1	5,1–8,1	11,8
<i>МТЗ, г</i>												
2015	14	40,7 ± 0,6	37,7–43,9	5,2	35	41,4 ± 0,6	35,4–49,3	8,1	20	41,6 ± 0,6	33,8–45,3	7,0
2016	8	42,5 ± 0,4	40,0–43,9	2,7	9	42,3 ± 1,6	35,2–50,8	11,1	15	40,8 ± 0,8	33,3–44,9	7,4
П	24	38,8 ± 0,5	33,3–44,6	6,5	31	38,6 ± 0,7	29,8–46,2	10,5	35	37,8 ± 0,7	31,4–44,7	10,8
<i>ВБ, г</i>												
2015	4	3,5 ± 0,1	3,2–3,6	5,7	25	3,7 ± 0,1	2,6–5,3	14,2	16	3,9 ± 0,1	3,1–4,8	12,2
2016	8	4,3 ± 0,1	3,8–4,8	7,7	9	4,5 ± 0,2	3,7–5,6	13,4	15	4,5 ± 0,1	3,8–4,9	6,6
П	24	5,1 ± 0,1	4,3–6,2	8,8	31	5,3 ± 0,1	4,0–6,3	11,9	35	5,1 ± 0,1	4,2–6,5	13,0
<i>SDS, мл</i>												
2015	14	53,5 ± 2,2	41–65	14,4	35	50,6 ± 1,7	33–76	19,9	20	59,4 ± 1,7	46–80	12,9

Примітка. ДК – дата колосіння, травень; ВР – висота рослин; ЗО – загальна оцінка; Ур – урожайність; Б – вміст білка; ЗБ – збір білка на одиницю площі; МТЗ – маса 1000 зерен; ВБ – відносний вміст білка на 1000 зерен; SDS – седиментація SDS30°K (шрот); П – ДПДГ «Покровське» 2016 р.; N – кількість спостережень (з урахуванням повторностей).

Польові досліді були закладені в 2015–2016 рр. згідно загальноприйнятої схеми селекційного процесу самоzapильних культур. Попередник – чорний пар. Вихідний та дослідний матеріал був висіяний на 1–2 рядкових ділянках ручною селекційною саджалкою СР-1М на дослідній ділянці відділу загальної та молекулярної генетики СГІ – НЦНС. Довжина рядка 1,15 м, площа живлення окремої рослини 30 × 5 см². Для визначення продуктивності та окремих показників якості зерна константні лінії були висіяні у сівоzміні відділу селекції та насінництва озимої м'якої пшениці СГІ – НЦНС за типом конкурсного сортовипробування, з обліковими ділянками 2,5 (2015 р.) і 5 м² (2016 р.) з розрахунку по 450–500 всхожих зерен на 1 м². При цьому сорти-стандарти сіяли через кожні 5 номерів в три-чотирикратній повторності. Для визначення адаптивних властивостей відібраних ліній, в 2016 р. матеріал висівався в посушливих умовах ДПДГ «Покровське» (Біляївський район Одеської області) з обліковими ділянками 10 м². Повторність у досліді – трикратна. Посів суцільним способом провадився селекційною тракторною сівалкою ССФК-7, а збирання селекційним комбайном Сідмайстер-125. Рослини, вирощені в широкорядному посіві, збирали вручну. Внесення добрив здійснювали згідно технологічної карти інституту: 1) під передпосівну культувацію вносили 150 кг/га нітроамофоски; 2) ранньовесняне підживлення по таломерзлому ґрунту проводили аміачною селітрою в дозі 200 кг/га за допомогою сівалки СЗ-3,6; 3) підживлення по листу здійснювали обприскуванням баковою сумішшю із використанням карбаміду з розрахунку 10–12 кг/га.

Генетичний матеріал оцінювався за рядом ознак: наявність морфологічних ознак сторонніх видів, тип розвитку, дата колосіння, висота рослин, елементи продуктивності та урожайність, якість зерна та ін. Показники якості зерна визначали методом седиментації SDS30'K, розробленим у відділі генетичних основ селекції СГІ – НЦНС. Вміст білка визначали у цільнозмеленому борошні за методом К'ельдаля на приладі Kjeltex-Auto 1030, фракційний склад білка – за Осборном, а масу тисячі зерен (МТЗ) за загальноприйнятою методикою. Для прискіпливого вивчення матеріалу за комплексом

ознак якості та при доборі ліній з підвищеним вмістом білка розраховували додаткові критерії білковості – «Збір білка на одиницю площі» = («Урожайність, ц/га» × «Вміст білка, %»)/100 % та «Відносний вміст білка на 1000 зерен» = («МТЗ, г» × «Вміст білка, %»)/100 %. Їх застосування дозволить нівелювати в якійсь мірі дисперсію ознаки, обумовлену варіаціями анатомічної будови зернівки або продуктивності рослини під впливом екологічних умов.

Для оцінки варіювання агрономічних та господарсько-цінних ознак застосовували дисперсійний та кореляційний аналіз. Вірогідність різниці між середніми значеннями визначали за допомогою найменшої істотної різниці (НІР) 5 % рівня значущості. Для спрощення розуміння матеріалу в таблицях і тексті статті наводяться уніфіковані позначення ступеню достовірності визначених нами або взятих з літератури показників, критеріїв і коефіцієнтів: * – вірогідно при $p < 0,05$; ** – вірогідно при $p < 0,01$; *** – вірогідно при $p < 0,001$. Позначення хвороб та морфологічних ознак в таблицях і тексті наведені у відповідності з міжнародним каталогом генних символів [13].

Результати досліджень та їх обговорення. Суттєвими недоліками первинних інтрогресивних ліній E200_97-2, H242_97-1, H242_97-2, H273_97 та OH232_03, а також амфіплоїдів ПЕАГ, *T. kiharae*, ЧЕ1342_98, елітних синтетиків (*T. durum* /*Ae. tauschii*), колекційного зразка H74_90-245 (джерел та донорів стійкості до хвороб) є їх низька продуктивність, якість, морозостійкість, пізні дозрівання, високорослість та нестійкість до вилягання, у амфіплоїдів – ярий тип розвитку, ламкість та спонтанне осипання колосу, жорсткість колоскових та квіткових лусок і важкий вимолот зерна. Багаторазове схрещування з сучасними ранньостиглими, високопродуктивними, достатньо морозостійкими сортами сприяло покращенню цих ознак. Спеціальне дослідження показало, що всі 20 удосконалених інтрогресивних ліній мали озимий тип розвитку. Серед 35 первинних ліній 2 були ярими, 3 розщеплювалися за типом розвитку, 1 лінія наздогад є дворучкою. Ще 9 ліній, будучи озимими, ступили у стадію трубкування при весняному (10 квітня) посіві. В залежності від походження матеріалу, зокрема джерела чужинних генів, новостворені інтрогресивні лінії

істотно різнилися за рівнем стійкості до хвороб та вилягання, наявністю ознак різновиду (опушенням та кольором колоса), зовнішнім виглядом, а також за датами колосіння і висотою рослин і нерідко були непривабливими, більш пізньостиглими і високорослими, ніж сучасні сорти (табл. 1).

Проте в обох варіантах досліду були виділені скоростиглі короткостеблові форми, із загальною оцінкою на рівні сортів-стандартів, які частково або повністю зберегли експресію цільових чужинних ознак. Хоча у 2015 р. лінії, в переважній більшості, значно поступалися стандартам як середніми значеннями продуктивності, так і розмахом її варіації (табл. 1), все ж вдалося виділити кілька ліній, що перевершували за абсолютними значеннями ознаки середню арифметичну стандартів (83,8 ц/га). В першу чергу, це більш відпрацьовані у селекційному відношенні удосконалені лінії F239_09 і Од.267b (відповідно, 86,4 і 86,3 ц/га). Хоча, як не дивно, знайшлась така лінія (B2669_14, 85,9 ц/га) і серед первинних. Досить високу урожайність показала також удосконалена лінія E2776_14 (81,8 ц/га). А лінії H764_13 (82,2 ц/га) і B241_09 (82,6 ц/га) поєднували високу продуктивність (майже на рівні середнього значення стандартів) зі стійкістю відповідно до листової і стеблової іржі та чужинним опушенням колоса. Більш висока врожайність інтрогресивних ліній у 2016 р. (табл. 1), пояснюється проведенням серед них доббором, в тому числі і за продуктивністю.

Вміст білка є одним з основних показників якості зерна та борошна, яким ми приділяємо особливу увагу при оцінці матеріалу. В обидва роки спостерігалася тенденція збільшення середніх значень цього показника спочатку у первинних, а потім удосконалених ліній, порівняно зі стандартами (табл. 1). Між інтрогресивними лініями відзначена значна різниця за вмістом білка, який варіював у 2015 р. від 8,02 до 11,14 %, а в умовах 2016 р. – відповідно від 9,80 до 11,65 %. З 41 дослідженої в 2015 р. лінії у 6 вміст білка складав більше 10 %, а 2 лінії мали більше 11 %. У 2016 р. в цілому вміст білка в зерні трохи вищий. У 4 кращих ліній (із 24 досліджених) він перевищував 11 %. Однак збір білка з одиниці площі в обидва роки був

найбільшим у стандартів за рахунок їх вищої урожайності (табл. 1).

Незважаючи на наявність загальнобіологічного негативного зв'язку між продуктивністю та білковістю, який ймовірно має в більшій мірі фізіологічну причину [14, 15], та сильну залежність білковості від умов вирощування, все ж іноді вдається успішно залучити до селекційного процесу генетичні донори підвищеного вмісту білка [16]. А коефіцієнт успадкування ознаки та частота появи високобілкових форм широко варіюють в залежності від комбінації схрещування [17]. Ще одним напрямком може стати створення нових донорів високої білковості шляхом залучення сторонніх видів [6, 17, 18]. Одержані таким чином форми припустимо матимуть інші детермінанти ознаки, що робить їх особливо привабливими для трансгресивної селекції. Відомо, що при залученні в схрещування високобілкових форм позитивні трансгресії, хоча й дуже рідко (0–6,5 %), все ж трапляються [16]. Відомо також, що отримати високі значення прояву однієї ознаки набагато легше, ніж досягти сприятливого поєднання в одному генотипі комплексу господарсько цінних ознак. В літературі відомі випадки підвищення білковості до 17,9–19,6 % шляхом міжсорткової [19] і до 21,8–22,5 % шляхом міжвидової [6, 18, 19] гібридизації, однак за іншими ознаками виділені форми поступалися районованим сортам.

В процесі виявлення високобілкових генотипів стояла задача створити лінії з комплексом господарсько-цінних ознак і перш за все формуванням повноцінного зерна за ознаками його виповненості та МТЗ. Відомо, що ступінь виповненості зерна впливає на величину абсолютного вмісту білка [1]. Цим була обумовлена необхідність визначення додаткового критерію – відносного вмісту білка. Виявилось, що в обидва роки незалежно від умов вирощування за середніми значеннями МТЗ інтрогресивні лінії не відрізняються від стандартів, а за відносним вмістом білка, при перерахунку на 1000 зерен спостерігається слабка тенденція збільшення цього показника у інтрогресивних ліній (табл. 1). При цьому розмах варіації за обома ознаками був максимальним у первинних ліній, хоча крупнозерні форми з частотою, в середньому, 15,4 % в 2015 р. і 12,5 % в 2016 р. були виявлені в обох групах ліній. Такі лінії, за

умови формування абсолютного вмісту білка на рівні або трохи вище стандартів, були виділені в окрему групу ліній, що забезпечують вищий відносний вміст білка (табл. 2). Більшість з них відносяться до екстенсивного типу з висотою рослин 106–113 см, посереднім зовнішнім виглядом (від –3 до +3 балів) та нижчою, порівняно зі стандартами, урожайністю (в середньому 63,7–77,0 ц/га).

Оскільки пшениця м'яка – це продовольча, перш за все, хлібна культура, важливо селекцію на підвищений вміст білка в зерні поєднувати з поліпшенням його технологічних показників. Наразі, для визначення якості білка найбільш широко на ранніх етапах селекційного процесу використовують експрес-метод седиментації SDS30'К, оснований на відмінностях в набуханні після попереднього автолізу борошна різної якості в слабких розчинах кислот з додецилсульфатом натрію. Метод точно вловлює відмінності між зразками, а його показник високо корелює з основними ознаками якості – «силою» борошна та індексом еластичності тіста. На величину цього показника не впливає твердозерність, вміст білка та пошкодження зерна шкідливою черепашкою, оскільки

в кислому середовищі, в якому проводиться аналіз, інгібуються протеолітичні ферменти клопа. За значеннями показника седиментації удосконалені лінії в середньому дещо перевищували як сорти-стандарти, так і первинні лінії (табл. 1), однак серед інтрогресивних ліній обох типів спостерігались поодинокі випадки (в середньому 5,5 %) вдалих рекомбінацій, що призвели до суттєвого поліпшення якості. Разом з тим відомо, що метод седиментації SDS30'К добре виявляє диференціацію за якістю білка між генотипами в роки формування достатньої кількості білка (11 % і вище). В роки із вмістом білка нижче 11 % даний метод не спрацьовує в повній мірі та не показує, за рахунок чого відбуваються зміни показників якості. До того ж, дози добрив, які нині вносять, забезпечують лише приріст урожаю, але не достатні для підвищення його якості. Подальші поглиблені дослідження показують, що якість білка має зв'язок із характеристиками його фракційного складу, особливо це стосується водорозчинної фракції білків альбумінів та співвідношення гліадинової і глютенінової фракцій (табл. 3). При майже незмінному загальному вмісті білка збільшення кількості водорозчинних білків

Таблиця 2. Інтрогресивні лінії з підвищеним відносним вмістом білка (в середньому в СГІ – НЦНС за 2015–2016 рр.)

Сорт, лінія	ВБ, г	МТЗ, г	Б, %	ДК, 05	ВР, см	ЗО, бал	Ур, ц/га	SDS, мл
Антонівка (St)	4,1	43,3	9,5	11,0	96,7	4	82,3	50
Куяльник (St)	4,2	40,8	10,3	11,6	97,8	5	87,3	60
Мудрість (St)	4,4	42,6	10,4	10,4	93,6	5	85,7	56
Щедрість (St)	3,7	39,7	9,2	12,0	88,0	5	85,9	40
E2363_14	4,6	43,8	10,4	14,0	109,5	3	73,4	59
E2368_14	4,6	42,8	10,7	13,5	112,0	3+	77,0	58
E2369_14	4,6	43,5	10,6	14,5	106,0	3	73,7	62
F2681_14	5,2	47,2	11,0	12,0	107,5	3	73,6	50
F2682_14	5,4	50,0	10,7	10,5	102,5	4	74,4	50
E2714_14	4,4	43,8	10,1	10,5	113,5	3	68,6	48
E1091_13	4,7	42,3	10,9	12,0	112,0	3+	63,7	72
E214_09-7	4,6	42,1	10,8	16,5	85,5	3–	69,5	57
B241_09	4,7	42,6	11,0	12,5	91,5	4–	88,5	69
НІР _{0,05}	0,3	1,3	0,6	0,7	9,6	–	10,2	–

Примітка. ВБ – відносний вміст білка на 1000 зерен; МТЗ – маса 1000 зерен; Б – абсолютний вміст білка; ДК – дата колосіння, травень; ВР – висота рослин; ЗО – загальна оцінка; Ур – урожайність; SDS – седиментація SDS30'К.

у більшості інтрогресивних ліній та стандартів у 2016 р., порівняно з 2015 р., в цілому, негативно вплинуло на хлібопекарські властивості. Разом з тим, в межах кожного року, спостерігається диференціація між лініями; підвищення вмісту фракції глютенінів у сорту Куяльник, ліній F239_09, B241_09 і особливо E1091_13, за рахунок зниження вмісту водорозчинних та спирторозчинних білків, призвело до деякого підвищення якості зерна та хлібопекарських властивостей борошна (седиментації SDS30'K).

Проте, у лінії F2682_14 спостерігається аналогічний перерозподіл фракцій, але показник седиментації нижчий, ніж у вищезазначених ліній. З іншого боку, у лінії E214_09-7 (має транслокацію 1BL.1RS) при рівні білка майже як у лінії B241_09 за рахунок деякого зниження частки глютенінів та нерозчинного залишку, порівняно з B241_09, спостерігається відносно підвищення фракції водорозчинних білків альбумінів до рівня сорту Щедрість (також має транслокацію 1BL.1RS). Але попри негативний вплив транслокації лінія E214_09-7 має позитивний щодо якості супералель *Glu-B1_{a1}* (Н.О. Козуб, 2012, неопубліковане), який очевидно спричиняє деяке підвищення вмісту глютенінової фракції, що супроводжується покращенням хлібопекарських властивостей борошна. Навпаки, у звичайних (без алеля *Glu-B1_{a1}*) сортів з 1BL.1RS транслокацією деяке поліпшення якості, як відомо [20], настає при значному зниженні вмісту білка (<9 %) за рахунок зниження частки глютенінів і супутнього підвищення вмісту білків гліадінів. Отже, підвищен-

ня вмісту білка в зерні, яке іноді супроводжує віддалені схрещування, не завжди пов'язане з покращенням якості борошна.

За допомогою дисперсійного аналізу (стандарту були вилучені з дисперсійного комплексу через суттєві зміщення варіації більшості ознак на їхню користь) виявлено вірогідний вплив групування за кількістю схрещувань з сучасними сортами (поділ ліній на первинні та удосконалені) на урожайність ($F = 13,5^{***}$), пов'язаний за нею збір білка ($F = 10,8^{**}$) та седиментацію ($F = 11,4^{**}$). Істотний вклад у варіацію темпів розвитку лінії внесли складові її походження: «Джерело чужинних ознак» ($F = 14,8^{***}$), «Сорт, що послужив материнським компонентом» ($F = 11,8^{***}$) та «Сорт, використаний для прикінцевого бекросування» ($F = 4,0^{**}$). Це, головним чином, обумовлено залученням в схрещування низькопродуктивного, пізньостиглого і неякісного сорту Ульяновка (материнська форма) та аналогічних за вказаними показниками первинних ліній (джерела ознак), створених на базі сорту Гостіанум 237, а також широкого використання для прикінцевого бекросу середньостиглого рекурентного сорту Одеська 267. Перше справедливо і для варіації урожайності ($F = 3,0^*$), друге – відносного вмісту білка ($F = 3,4^*$) та особливо седиментації ($F = 5,7^{***}$). Збір білка, з тих же причин, визначався факторами «Сорт, що послужив материнським компонентом» ($F = 3,8^{**}$) та «Сорт, використаний для прикінцевого бекросу» ($F = 4,6^{**}$). Висота рослин визначалася лише кількістю схрещувань з сучасними сортами ($F = 5,2^*$), а вміст білка

Таблиця 3. Фракційний склад білків зерна пшениці в СГІ – НЦНС (% від вмісту білка)

Сорт, лінія	Білок, %		SDS'K		Альбуміни		Гліадіни		Глютеніни		Залишок	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Куяльник	9,2	10,7	65	55	18	21	24	26	30	30	19	12
Щедрість	8,3	9,7	43	34	24	29	25	25	24	24	7	11
F2681_14	10,7	11,4	55	45	15	14	27	22	24	27	26	25
F2682_14	10,0	11,2	55	44	15	15	31	22	28	28	10	24
E1091_13	10,3	11,5	76	67	13	18	28	31	33	34	13	5
E214_09-7	11,0	10,8	65	48	22	25	27	26	28	28	14	9
F239_09	9,6	9,8	67	61	18	22	25	36	27	29	21	14
B241_09	11,1	10,8	80	57	14	21	25	25	30	32	24	11

($F = 2,8^*$) і МТЗ ($F = 3,3^{**}$) – лише взаємодією чинників «Джерело чужинних ознак» та «Сорт, використаний для прикінцевого бекросу». Слід зазначити, що за поодинокими виключеннями коефіцієнти варіації всіх ознак були найнижчими в групі стандартів, а найвищими серед первинних ліній (табл. 1).

За даними кореляційного аналізу тривалість вегетаційного періоду, негативно корелювала з урожайністю ($r = -0,37^{**}$), якістю ($r = -0,22$) та МТЗ ($r = -0,27^*$), однак, ніяк не асоціювалась зі значеннями вмісту білка. Наявність негативної кореляції дати колосіння або позитивної кореляції седиментації зі збором білка (табл. 4) обумовлена виключно внеском урожайності. Висота рослини не мала ніякого значення для варіації всіх досліджених ознак, що стосовно вмісту білка і МТЗ переважно збігається з літературними даними щодо генотипних кореляцій та суперечить повідомленням стосовно фізіологічних кореляцій [20, 21], де стверджується, що з підвищенням висоти рослин зростає кількість реутілізованого з вегетативної маси азоту в зерно. Урожайність ліній

слабо, але позитивно корелювала з седиментацією ($r = 0,35^{**}$) і не була пов'язана з МТЗ ($r = 0,10$), а з вмістом білка вірогідно корелювала лише в одному варіанті досліду (табл. 4). В той же час установлена слабка позитивна кореляція маси тисячі зерен з обома показниками якості – седиментацією ($r = 0,28^*$) і вмістом білка (табл. 4, рисунок, а, б).

На кореляційно-регресійному полі розсіяння досліджених в 2015 р. ознак інтрогресивні лінії розподілилися так, що кращі за МТЗ мали середні значення за седиментацією і навпаки (рисунок, а). Дещо інша картина спостерігалась в області розсіяння МТЗ і вмісту білка; кращі 5 ліній чітко розташувалися в верхньому правому куті площини вище лінії регресії (рисунок, б). Наявністю саме цих ліній з високим вмістом білка і одночасно високими або відносно високими значеннями МТЗ і пояснюється неочікувана позитивна кореляція між вказаними показниками. З літератури відомо, що кореляція між вмістом білка і МТЗ, як правило, негативна і за даними різних авторів варіює від $-0,17$ до $-0,59^{**}$ [21–23], однак внаслідок добору може змінюватись на слабкопозитивну невірогідну ($r = 0,11...0,23$).

Позитивна кореляція між вмістом білка і МТЗ, одержана в нашому дослідженні, вказує на перспективність добору ліній з крупним зерном і підвищеним вмістом білка в борошні. Можливість одержання таких генотипів, щоправда з дуже низькою частотою (1,8 %), описана в літературі [21, 22]. Відомо, що такий добір, проведений в ранніх поколіннях, обумовлює відповідний зсув співвідношення між вмістом білка та продуктивністю і підвищує ймовірність поєднання цих ознак в пізніх поколіннях. В той же час, виходячи з низького значення коефіцієнта кореляції (табл. 4) та графіка регресії (рисунок, б), можна бачити, що добір по величині зерна без урахування його білковості може привести до втрати частини форм з підвищеним вмістом білка.

Відсутність кореляції між вмістом білка і седиментацією SDS30'К (табл. 3, 4) відповідає твердженням розробників методу про незалежність прояву цих ознак. І навпаки, негативну залежність вмісту білка від урожайності відмічає переважна більшість дослідників [6, 20, 22, 23], хоча значення коефіцієнтів кореляції варіюють

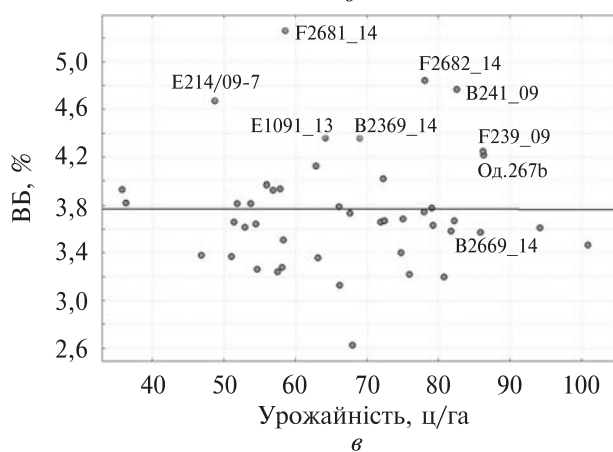
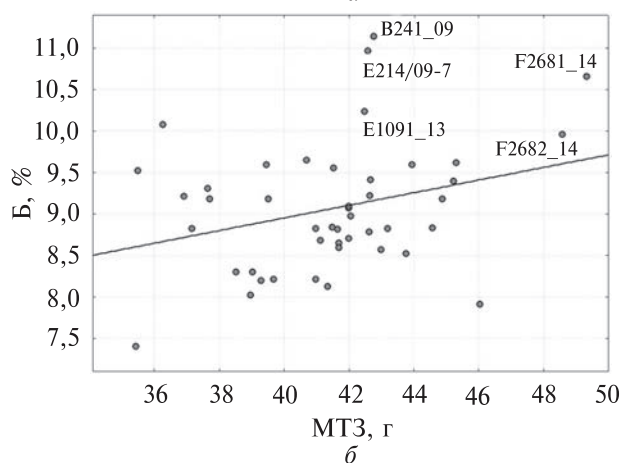
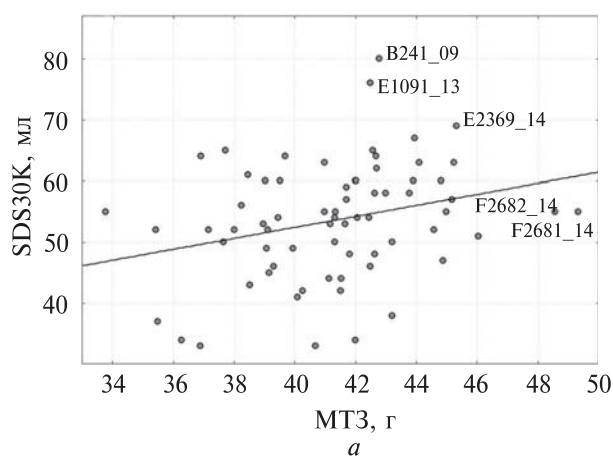
Таблиця 4. Коефіцієнти кореляції агрономічних показників з ознаками білковості у досліджених ліній

Пари ознак	2015 СПІ	2016 СПІ	2016 П
ДК-Б	0,02	0,07	–
ВР-Б	-0,12	0,07	–
МТЗ-Б	0,30*	0,12	0,30
Ур-Б	-0,05	-0,43*	-0,06
SDS-Б	0,22	–	–
ДК-ВБ	0,18	-0,09	–
ВР-ВБ	-0,17	0,29	–
МТЗ-ВБ	0,78***	0,84***	0,94***
Ур-ВБ	-0,01	-0,14	0,18
SDS-ВБ	0,29	–	–
ДК-ЗБ	-0,34*	-0,35	–
ВР-ЗБ	-0,14	-0,32	–
МТЗ-ЗБ	0,17	0,20	0,35
Ур-ЗБ	0,93***	0,83***	0,92***
SDS-ЗБ	0,46*	–	–

Примітка. * – вірогідно при $p < 0,05$; *** – вірогідно при $p < 0,001$.

в дуже широких межах – $r = -0,12...-0,91^{***}$. Зрідка зустрічаються свідчення і слабкої позитивної кореляції ($r = 0,16...0,27^*$). Крім того, є думка, що в контрольованих умовах вміст білка в зерні можна підвищити до певної міри (16 %) без зміни врожайності, і лише подальше підвищення вмісту білка супроводжується зниженням врожаю. Суперечливість літературних даних з даного питання, ймовірно, обумовлена різнотипністю матеріалу досліджень і внутрішньою гетерогенністю гібридних популяцій, а також сильною залежністю результатів кореляційного аналізу від маргінальних (одиничних, нетипових для досліджуваної вибірки) значень. Між МТЗ і врожайністю спостерігали, як правило, позитивну слабку кореляцію ($r = 0,16...0,62^*$) [22]. Визначені в нашому дослідженні кореляції (табл. 4), в цілому, відповідають загальноновизнаним тенденціям, хоча обчислені коефіцієнти надто малі та далекі від вірогідності.

Інтрогресивні лінії, кращі за відносним вмістом білка, при перерахунку на 1000 зерен, мали середні або низькі значення за врожайністю; в полі розсіяння ознак вони розподілилися рівномірно вище лінії регресії (рисунок, в). Кілька ліній, розташованих поблизу верхнього правого кута площини, характеризувались дещо вищою урожайністю, ніж основна маса та відносно вищими показниками МТЗ і вмісту білка. Інтрогресивні лінії, що виділились за продуктивністю, розміщені в правій частині графіка трохи лівіше стандартів. Найбільший інтерес представляють лінії, що виявились кращими при розподілі на всіх трьох графіках (табл. 5). Це в першу чергу 4 інтрогресивні лінії з різних комбінацій схрещування (табл. 6): F2681_14 і F2682_14, E1091_13, B241_09. Крім того, лінії F239_09 і Од.267b мали дещо підвищену МТЗ, а урожайність і якість на рівні стандартів. Лінія E214_09-7 на фоні високої білковості мала показники МТЗ і седиментації SDS30'K на рівні стандартів. При цьому лінії F2681_14 і F2682_14 виявились якими за типом розвитку, а E1091_13 вела себе як дворучка. Серед означених ліній лише B241_09 і, в якійсь мірі, F239_09 та Од.267b поряд з відносно високими показниками якості зерна виділились за комплексом господарсько-корисних ознак, в тому числі зимостійкості, стійкості до вилягання, урожайності. Через



Залежність ознак седиментація SDS30'K (а), вміст білка (б) від маси тисячі зерен (МТЗ) та відносного вмісту білка на 1000 зерен (ВБ) від урожайності (в) у досліджених ліній, 2015 р.

низьку врожайність матеріалу в жорстких умовах ДПДГ «Покровське» інтрогресивні лінії як і сорти-стандарти сформували дрібне зерно

з вищими, ніж в СГІ значеннями вмісту білка, що призвело в цілому до подібних незалежно від умов значень відносного вмісту білка (табл. 1, 5). Завдяки вишій урожайності стандарти загалом переважали інтрогресивні лінії за збором білка, хоча за абсолютним і відносним вмістом білка поступалися окремим лініям (табл. 2). За збором білка серед інтрогресивних ліній виділяється, в першу чергу, В241_09 і, в меншій мірі, Е2792_14, Е1598_12 та Од.267b, які мали відносно вищу продуктивність (табл. 5). Створені на базі Одеської 267 (табл. 6) екстенсивні майже ізогенні лінії (Е2363_14, Е2368_14 і Е2369_14) показали значно нижчу урожайність в СГІ – НЦНС але в екстремальних умовах ДПДГ «Покровське» були на рівні стандартів і навіть перевершили за урожайністю, вмістом білка та МТЗ високоадаптивний рекурентний

сорт Одеську 267. В той же час інтенсивна короткостеблова лінія-аналог Од.267b, яка виділилась в оптимальних умовах (на полях СГІ – НЦНС), в екстремальних умовах дещо поступалася і екстенсивним лініям, і рекурентному сорту.

Отже, шляхом міжвидової гібридизації і подальших складних ступінчатих схрещувань з елементами рекурентної селекції за участі добре пристосованого до місцевих ґрунтово-кліматичних умов сорту Одеська 267 не вдалося поєднати в одному генотипі високу продуктивність на створених в оптимальних умовах звичайних агрофонах з толерантністю до жорстких умов помірної посухи. Слід також зазначити, що виділена в чинному дослідженні лінія В241_09, що очевидно має високу потенційну продуктивність, не показала своїх пере-

Таблиця 5. Крайні селекційні лінії за комплексом ознак (за 2015–2016 рр.)

Назва лінії	Урожайність, ц/га			Б, %			ЗБ, г	МТЗ, г			ВБ, г	SDS
	\bar{X}	2016 СГІ	2016 П	\bar{X}	2016 СГІ	2016 П		\bar{X}	2016 СГІ	2016 П		
Антонівка (St)	73,8	85,1	52,1	10,1	9,5	12,4	7,4	41,5	44,2	37,7	4,1	54
Куяльник (St)	76,8	90,4	56,7	11,0	10,7	13,2	8,4	40,5	42,1	39,8	4,5	65
Мудрість (St)	75,7	88,9	52,1	11,1	10,7	13,9	8,3	41,7	42,8	40,5	4,6	60
Щедрість (St)	74,7	88,7	53,2	10,2	9,6	12,5	7,6	37,6	40,0	34,3	3,8	43
Од.267 (rec)	66,9	77,0	48,5	10,8	10,9	12,9	7,2	40,2	41,4	37,7	4,3	58
Е2363_14	65,2	74,0	49,3	11,5	10,9	14,1	7,4	43,5	44,3	43,5	5,0	64
Е2368_14	68,8	76,5	51,8	11,5	11,6	14,1	7,8	42,9	42,9	43,2	4,9	58
Е2369_14	66,4	76,0	54,2	11,7	11,0	14,5	7,7	43,1	42,6	41,4	5,0	69
Н764_13	69,8	75,0	52,2	11,2	11,2	13,5	7,8	39,8	41,0	36,8	4,4	42
Е1089_13	57,5	65,0	50,7	11,7	10,8	14,6	6,7	41,0	40,5	41,8	4,8	33
В2669_14	68,9	75,5	45,3	10,6	10,1	13,1	7,3	39,3	40,9	35,8	4,1	44
F2681_14	59,7	81,0	39,5	11,8	11,2	13,6	6,9	46,7	46,2	44,5	5,5	55
F2682_14	65,3	72,5	45,2	11,6	11,1	13,6	7,5	47,1	50,7	42,3	5,4	55
Е1091_13	58,4	63,0	48,0	11,9	11,5	13,8	6,9	41,6	42,1	40,1	4,9	76
Е2776_14	71,6	78,0	55,0	10,8	10,3	13,5	7,7	40,5	40,7	39,0	4,3	59
Е2792_14	72,4	87,5	57,2	10,8	10,7	13,0	7,8	39,8	40,8	37,1	4,3	53
Е1598_12	61,7	82,0	44,7	11,3	11,0	13,7	7,0	37,0	39,8	33,4	4,2	50
Е175_09	57,2	73,5	45,0	11,6	11,3	14,5	6,6	38,2	39,0	34,5	4,4	55
F239_09	73,3	84,7	48,0	11,3	10,2	14,3	8,3	40,8	40,9	37,6	4,6	67
В241_09	76,7	90,5	57,1	11,9	10,8	14,3	9,1	41,2	42,4	38,6	4,9	80
Од.267b	73,2	85,4	47,8	11,1	10,4	13,6	8,1	41,9	44,2	36,2	4,7	63
НІР _{0,05}	5,2	14,1	6,3	0,3	1,0	0,4	0,5	1,8	1,9	3,0	0,3	–

Примітка. \bar{X} – середнє значення по всім умовах досліду; СГІ – дані отримано в умовах СГІ – НЦНС; П – дані отримано в с. Покровське Одеської обл.

Таблиця 6. Походження кращих селекційних ліній і наявність результативних чужинних ознак в них

Назва лінії ¹⁾	Походження ²⁾	Ознаки ³⁾
E2363_14, E2368_14, E2369_14	Од.267/ПЕАГ//Од.267* ¹⁰ F ₅	Lr
H764_13	Селянка/ES17 F ₂ //Од.267/3/Селянка F ₅	Lr Hg C/Д
E1089_13	Селянка/ES20 F ₂ //Од.267 F ₇	Lr
B2669_14, F2681_14, F2682_14	Селянка/ES20 F ₂ //Селянка F ₆	Lr Hg Bg
E1091_13	Селянка/ES25 F ₂ //Селянка F ₇	Sr
E2776_14	Віген/Од.267//Куяльник F ₅	
E2792_14	E214_09-1/Гурт* ² F ₅	Lr
E1598_12	Од.267/ОН232_03//Од.267* ⁴ F _∞	Sr
E175_09	Од.267/E200_97-2//Од.267* ² /3/Никонія F _∞	НІ
E214_09-7	H242_97-1/Од.267* ³ //Куяльник F _∞	Pm Lr Sr
F239_09, B241_09	Од.267/ПЕАГ//Од.267* ³ /3/Панна F _∞	Hg
Од.267b	Од.267/ЧЕ1342_98//Од.267* ³ F ₉ /3/Од.267* ² F ₆	Rht

Примітка. ¹⁾ E – Еритроспермум, F – Феругінеум, H – Гостіанум, B – Барбароса. ²⁾ ПЕАГ – АД (*T. dicocum/Ae. tauschii*), ES17 – CIGM87.2760 (*T. durum* Altar 84/*Ae. tauschii* WX220), ES20 – CIGM87.2761 (*T. durum* Altar 84/*Ae. tauschii* WX221), ES25 – CIGM86.942 (*T. durum* Altar 84/*Ae. tauschii* WX224), ОН232_03 – Од.267/Н74_90-258, E200_97-2 та H242_97-1 – тритикале АД825/*T. durum* Чорномор F₃ //Н74_90-245; Н74_90-245 – Том Pouce Blanc/АД(*T. timopheevii/Ae. tauschii* ssp. *strangulata*)//Аврора/3/Русалка. ³⁾ НІ – опушення листової пластинки, Hg – опушення колоса C/Д – сіро-димчастий колір колоса, Bg – коричневий (шоколадний) колір колоса; Pm, Lr, Sr – стійкість, відповідно, до борошнистої роси, листової і стеблової іржі; Rht – короткостебловість.

ваг на низьких агрофонах в умовах с. Дачна в інші роки вирощування [11], а E214_09-7 та F239_09, відібрані раніше як крупнозерні, мали в чинному дослідженні МТЗ на рівні стандартів та середнього значення інших ліній (табл. 2, 5). Одержані крупнозерні високобілкові зразки необхідно залучати в схрещування з високопродуктивними інтенсивними сучасними сортами степового еко типу, які мають комплекс інших господарсько цінних ознак, в першу чергу високу зимостійкість, посухостійкість, скоростиглість і слабку реакцію на фотоперіод, імунітет до хвороб та добре пристосовані до мінливих ґрунтово-кліматичних умов степу України. З досліджених найбільш перспективним видається сорт Мудрість, який за абсолютними значеннями має відносно крупне зерно та високий вміст білка. Найбільшу цінність, як на нашу думку, можуть представляти гібриди від схрещування між собою високобілкових зразків, одержаних від різних джерел ознаки (як всередині виду, так і за його межами), контрастних за іншими характеристиками, але з мінімальною кількістю негативних ознак та достатньо ви-

сокою продуктивністю. Зокрема, можливо має сенс схрещування між собою інтрогресивних ліній E1091_13 і B241_09, у яких наздогад різна детермінація підвищеного вмісту білка. Лінія B241_09 припустимо несе цю ознаку від *T. dicocum*, оскільки має опушення колоса (1AS хромосома) від цього виду [11], а E1091_13 – від *Ae. tauschii* WX224, за походженням та ймовірно через наявність генетичного матеріалу від егілопса (табл. 6). Доцільно при цьому проводити добори в ранніх поколіннях, а також визначати генетичні параметри, оскільки відомо, що коефіцієнт успадкованості та частота позитивних трансресій корелюють з виходом константних високобілкових форм пізніх поколінь. Вказане дозволить збільшити обсяги опрацювання найбільш перспективних комбінацій.

DEVELOPMENT OF WINTER WHEAT STARTING MATERIAL USING INTERSPECIFIC CROSSING FOR BREEDING FOR INCREASED PROTEIN CONTENT

I.I. Motsnyi, M.A. Lytvynenko,
O.O. Molodchenkova, V.M. Sokolov,
V.I. Fayt, V.Yu. Sechniak

Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigations, Odesa
E-mail: motsnyyii@gmail.com

The results of developing new bread winter wheat starting material using interspecific crosses for breeding for increased protein content are presented. 35 primary (2–4 crosses with modern varieties) and 20 advanced (5 and more crosses with modern varieties) introgression lines of bread winter wheat were studied, and nine genotypes, characterized by increased relative protein content and groups of lines combining relatively high indices of thousand grain weight or protein content with resistance to leaf or stem rust and alien glume hairiness were isolated. A significant effect of lines grouping for the number of crossings with modern varieties on the productivity, protein content and sedimentation value, and cross combinations, in particular, sources of alien properties, on protein content and thousand grain weight were found. It is shown that an increase of grain protein content, observed at the backcrossing, does not always correlate with the improvement of flour quality. A low frequency of combining the properties of high protein content, large grains with high productivity and grain quality was registered in the advanced lines. The absence of the most studied properties with protein content correlation and weak positive correlation ($r = 0,28^* \dots 0,30^*$) of thousand grain weight with both characteristics of quality – sedimentation and protein content were established. The line productivity had negative correlation with protein content ($r = -0,43^*$) only in one variant of the experiment. The lines B241_09, E2792_14, E1598_12 and Od.267b which had relatively higher protein content and combined moderate resistance to certain diseases with relatively high characteristics of the productivity and sedimentation were isolated. The isolated lines are characterized by instability of the productivity and other properties in different environments and require an improvement to stability of these characteristics. The quasi-isogenic lines, created on the basis of cv. Odesskaya 267, with resistance to leaf rust (E2363_14, E2368_14 and E2369_14) had higher productivity, protein content and thousand grain weight than recurrent cv. Odesskaya 267 on low agricultural background. It was not possible to integrate high productivity in optimal environments with tolerance to hard environments of drought in one genotype by interspecific hybridization and further complicated step crosses with the elements of recurrent breeding.

REFERENCES

1. Balyan, H.S., Gupta, P.K., Kumar, S., Dhariwal, R., Jaiswal, V., Tyagi, S., Agarwal, P., Gahlaut, V., and Kumari, S., Genetic improvement of grain protein

content and other health-related constituents of wheat grain, *Plant Breed.*, 2013, vol. 132, pp. 446–57, doi.org/10.1111/pbr.12047.

2. Zilić, S., Barać, M., Pešić, M., Dodig, D., and Ignjatović-icić, D., Characterization of protein from grain of different bread and durum genotypes, *Int. J. Mol. Sci.*, 2011, vol. 12, no. 9, pp. 5878–94, doi.org/10.3390/ijms12095878.
3. Wenefrida, I., Utomo, H.S., and Linscombe, S.D., Mutational breeding and genetic engineering in the development of high grain protein content, *J. Agric. Food Chem.*, 2013, vol. 61, no. 48, pp. 11702–10, doi: 10.1021/jf4016812.
4. Michel, S., Kummer, C., Gallee, M., Hellinger, J., Ametz, C., Akgöl, B., Epure, D., Güngör, H., Löschenberger, F., and Buerstmayr, H., Improving the baking quality of bread wheat by genomic selection in early generations, *Theor. Appl. Genet.*, 2018, vol. 131, no. 2, pp. 477–93, doi: 10.1007/s00122-017-2998-x.
5. Laidig, F., Piepho, H.P., Rentel, D., Drobek, T., Meyer, U., and Huesken, A., Breeding progress, environmental variation and correlation of winter wheat yield and quality traits in German official variety trials and on-farm during 1983–2014, *Theor. Appl. Genet.*, 2017, vol. 130, no. 1, pp. 223–45, doi: 10.1007/s00122-016-2810-3.
6. Garg, M., Mikiko, Y., Hiroyuki, T., and Hisashi, T., Introgression of useful genes from *Thinopyrum intermedium* to wheat for improvement of bread-making quality, *Plant Breed.*, 2014, vol. 3, no. 133, pp. 327–34, doi.org/10.1111/pbr.12167.
7. Kumar, A., Garg, M., Kaur, N., Chunduri, V., Sharma, S., Misser, S., Kumar, A., Tsujimoto, H., Dou, Q.W., and Gupta, R.K., Rapid development and characterization of chromosome specific translocation line of *Thinopyrum elongatum* with improved dough strength, *Front. Plant Sci.*, 2017, no. 8, pp. 1593, doi: 10.3389/fpls.2017.01593.
8. Elbasyoni, I.S., Morsy, S.M., Ramamurthy, R.K., and Nassar, A.M., Identification of genomic regions contributing to protein accumulation in wheat under well-watered and water deficit growth conditions plants, *Plants*, 2018, vol. 7, no. 56, pp. 1–15, doi.org/10.3390/plants7030056.
9. Padmanaban, S., Zhang, P., Hare, R.A., Sutherland, M.W., and Martin, A., Pentaploid wheat hybrids: applications, characterisation and challenges, *Front. Plant Sci.*, 2017, vol. 8, pp. 1–11, doi.org/10.3389/fpls.2017.00358.
10. Tabbita, F., Lewis, S., Vouilloz, J.P., Ortega, M.A., Kade, M., Abbate, P.E., and Barneix, A.J., Effects of the *Gpc-B1* locus on high grain protein content introgressed into Argentinean wheat germplasm,

- Plant Breed.*, 2013, vol. 132, no. 1, pp. 48–52, doi.org/10.1111/pbr.12011.
11. Motsnyi, I.I., Nargan, T.P., Liphenko, S.F., and Erinyak, M.I., Attraction of introgression lines for bread winter wheat, *Bull. Khar. Agr. Nat. Univ., Series Biology*, 2014, vol. 31, no. 1, pp. 79–90 (in Ukrainian).
 12. Mujeeb-Kazi, A., GulKazi, A., Dundas, I., Rasheed, F., Ogonnaya, F., Kishii, M., Bonnett, D., Wang, R. R.-C., Xu, S., Chen, P., Mahmood, T., Bux, H., and Farrakh, S., Chapter four-genetic diversity for wheat improvement as a conduit to food security, *Advances in Agronomy*, 2013, vol. 122, pp. 179–257, doi.org/10.1016/B978-0-12-417187-9.00004-815.
 13. McIntosh, R. A., Dubcovsky, J., Rogers, W. J., Morris, C., Appels, R., and Xia, X. C., 2014, *Catalogue of gene symbols for wheat: 2013–2014 Supplement*. Retrieved from <http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/macgene/supplement2013.pdf>.
 14. Jolánkai, M., Kassai, K.M., Tarnawa, A., Pysa, B., and Birkás, M., Impact of precipitation and temperature on the grain and protein yield of wheat (*Triticum aestivum* L) varieties, *Quarterly J. Hung. Meteorol. Serv.*, 2018, vol. 122, no. 1, pp. 31–40, doi.org/10.28974/idojaras.2018.1.3.
 15. Mohan, D., and Gupta, R.K., Relevance of physiological efficiency in wheat grain quality and the prospects of improvement, *Physiol. Mol. Biol. Plants*, 2015, vol. 21, no. 4, pp. 591–6. doi: 10.1007/s12298-015-0329-8.
 16. Moskalets, T.N., Moskalets, V.V., Didenko, S.Y., Moskalets, V.I., and Bunyak, N.M., Results of breeding of wheat bread winter to improve ecological-adaptive properties and quality of the grain, *Bull. Uman NUH*, 2015, no. 1, pp. 58–63, doi.org/10.15421/2016.100 (in Ukrainian).
 17. Mitrofanova, O.P., and Khakimova, A.G., New genetic resources in wheat breeding for increased grain protein content, *Rus. J. Genet. Appl. Res.*, 2017, vol. 7, no. 4, pp. 477–87 (in Russian).
 18. Diordieva, I., Riabovol, L., Riabovol, I., Serzhyk, O., Novak, A., and Kotsiuba, S., The characteristics of wheat collection samples created by *Triticum aestivum* L./*Triticum spelta* L. hybridisation, *Agronomy Res.*, 2018, vol. 16, pp. 30–41, doi.org/10.15159/AR.18.181.
 19. Alvarez, J.B., Guzmán, C., Interspecific and intergeneric hybridization as a source of variation for wheat grain quality improvement, *Theor. Appl. Genet.*, 2017, vol. 131, no. 2, pp. 225–51, doi: 10.1007/s00122-017-3042-x.
 20. Litvinenko, N.A., Topal, N.N., The effects of wheat-rye translocations 1AL/1RS and 1BL/1RS on grain quality of bread winter wheat varieties, *Science-Rise*, 2015, vol. 3, no.1 (8), pp. 82–7.
 21. Mutwali, N.I., Mustafa, A.I., Gorafi, Y.S., and Mohamed, I.A., Effect of environment and genotypes on the physicochemical quality of the grains of newly developed wheat inbred lines, *Food Sci. Nutr.*, 2015, vol. 4, no.4, pp. 508–20, doi: 10.1002/fsn3.313.
 22. Abdipour, M., Ebrahimi, M., Izadi-Darbandi, A., Mas-trangelo, A.M., Najafian, G., Arshd, Y., and Mir-niyam, G., Association between grain size and shape and quality traits, and path analysis of thousand grain weight in Iranian bread wheat landraces from different geographic regions, *Not. Bot. Horti Agrobo*, 2016, vol. 44, no. 1, pp. 228–36, doi:10.15835/nbha44110256.
 23. Mladenov, V., Banjac, B., Krishna, A., and Milošević, M., Relation of grain protein content and some agronomic traits in European cultivars of winter wheat, *Cereal Res. Communicat.*, 2012, vol. 40, no. 4, pp. 532–41, doi: 10.1556/CRC. 40. 2012.0004.

Поступила в редакцію 22.03.18
Після доработки 03.07.18
Прийнята к публікації 18.03.19