

<https://doi.org/10.15407/frg2025.01.027>

УДК 575.113.2:577.112.82

ОСОБЛИВОСТІ СЕЛЕКЦІЇ ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ (× *TRITICOSECALE WITTMACK*)

О.І. РИБАЛКА^{1,2}, В.В. МОРГУН², С.С. ПОЛІЩУК¹, М.І. ПРИЙМАЧУК³,
М.В. ЧЕРВОНІС¹, Б.В. МОРГУН^{2,4}

¹Селекційно-генетичний інститут — Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення Національної академії аграрних наук України

65036 Одеса, Овідіопольська дорога, 3

²Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України
03022 Київ, вул. Васильківська, 31/17

³Приватне підприємство «Еліт-Стар»

Волинська обл., Луцький р-н, смт Рокині, вул. Шкільна, 16

⁴Інститут клітинної біології та генетичної інженерії Національної академії наук України

03680 Київ, вул. Академіка Заболотного, 148

e-mail: molgen@icbge.org.ua

Досліджували генетичне різноманіття озимого тритикале з початку первинних схрещувань сортів пшениці з житом до розгортання популяції від схрещування хромосомно-заміщеної лінії тритикале ССТ(5В)5D (оригіна́тор проф. А. Лукашевський, Університет Каліфорнія Ріверсайд, США) з сортом тритикале Богдан. Виконано польові й лабораторні спостереження, оцінювання генетичного різноманіття рослин у популяції та формування елітних доборів з популяції, які дали початок високопродуктивним посухостійким сортам озимого тритикале Альбіна і Оковита спирто-дистильного напрямку технологічного використання зерна. Дослідженнями встановлено, що використання у схрещуванні хромосомно-заміщеної лінії тритикале ССТ(5В)5D генерує надзвичайно широку генетичну варіабельність у популяції, необхідну для ефективного добору елітного селекційного матеріалу за комплексом агрономічних ознак, таких як висока зернова продуктивність, посухостійкість, майже ідеальна виповненість зерна, висока якість вимолоту зерна у колосі, комплексна стійкість до листових і стеблових фітозахворювань. Дібраний з популяції ССТ(5В)5D × Богдан перспективний селекційний матеріал озимого тритикале досліджений за комплексом агрономічних і технологічних ознак. На основі доборів з популяції ССТ(5В)5D × Богдан отримано дві високопродуктивні й посухостійкі лінії озимого тритикале, які започаткували нові сорти Альбіна й Оковита. Сорт Альбіна занесений до Державного реєстру сортів України, а сорт Оковита переданий до Державного сортовипробування. Сорти Альбіна й Оковита за технологічними характеристиками (високий вміст крохмалю в зерні та висока ферментабільність зерна) можуть бути віднесеними до сортів спиртодистильного напрямку технологічного використання зерна. Хоча кормовий статус культури тритикале ніхто також не заперечує. Системна посуха останніх років у південних регіонах України дедалі унеможливорює вирощування кормової

Цитування: Рибалка О.І., Моргун В.В., Поліщук С.С., Приймачук М.І., Червоніс М.В., Моргун Б.В. Особливості селекції озимого тритикале (× *Triticosecale* Wittmack). *Фізіологія рослин і генетика*. 2025. 57, № 1. С. 27–42.
<https://doi.org/10.15407/frg2025.01.027>

культури кукурудзи. Задля збереження балансу кормових культур у сіво-
змінах автори статті вважають за доцільне розгляд питання про заміну кор-
мової кукурудзи високопродуктивними і посухостійкими сортами озимого
тритикале, такими як Альбіна і Оковита.

Ключові слова: тритикале, генетичне різноманіття, селекція, агрономічні і
технологічні ознаки.

Тритикале ($\times$ *Triticosecale* Wittmack) — це злак, створений людиною,
історія якого бере початок з 1875 р. від схрещування пшениці
(*Triticum* spp.) і жита (*Secale cereale*). Фертільне схрещування було от-
римане у 1888 р. Вперше назва «тритикале» у науковій літературі
з'явилася у 1935 р., її запропонував австрійський ботанік Еріх фон
Чермак-Зейзенег (Erich Tschermak von Seysenegg). Переважна біль-
шість існуючих сьогодні сортів тритикале є потомками від схрещу-
вань за участі м'якої пшениці (*Triticum aestivum* L., $2n = 6x = 42 =$
AABBDD), або пшениці твердої (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum*
Desf., $2n = 4x = 28 =$ AABB) з культурним диплоїдним житом (*Secale*
cereale L., $2n = 14 =$ RR) як джерелом пилку [1].

Загальна світова площа посівів під культурою тритикале стано-
вить близько 3,8 млн га і має стабільну тенденцію до поступового
розширення [2]. Найбільшими виробниками зерна тритикале є чоти-
ри європейські країни: Польща (6,2 млн т), Німеччина (3,3 млн т),
Білорусь (~2,0 млн т) і Франція (1,84 млн т) [3]. Україна ж, на відміну
від наших сусідів, за об'ємами виробництва тритикале не входить
навіть у першу двадцятку країн-виробників тритикале, а в 2024 р.
площа посіву цієї культури становила лише 5,5 тис. га [4].

Водночас у світовому масштабі зерно тритикале широко і актив-
но використовується як якісний додаток до кормового раціону тва-
рин і птиці [5], для виробництва продуктів харчування [1], вироб-
ництва питного й технічного етанолу [6], і навіть у медицині [7].

Найпопулярнішим у світових селекційних програмах є гекса-
плоїдне тритикале ($2n = 6x = 42 =$ AABBRR). Однак і воно, попри
його позитивні агрономічні характеристики, зокрема високу зернову
продуктивність, толерантність до абіотичних стресорів, особливо та-
ких як посуха, низькі температури, а також стійкість до фітозахворю-
вань, як у світі в цілому, так і в Україні не просувається в аграрному
виробництві так швидко й активно, як хотілося б. Цьому є кілька по-
яснень. Оскільки геном тритикале складний та комбінує компонен-
ти різних генетично досить далеких ботанічних субтриб, тритикале
істотно поступається пшениці за цитогенетичною, морфологічною і
також агрономічною стабільністю. Зерно у тритикале не завжди доб-
ре виповнене, особливо за умов температурного стресу, що впливає
на зниження таких важливих технологічних показників, як об'ємна
маса (натура зерна) і вихід борошна за помелу. Здебільшого у сортів
тритикале колос досить жорсткий і не завжди повністю та якісно ви-
молочується, залишаючи зерно в соломі [8]. Ці негативні чинники
стримують активне поширення культури тритикале у виробництві.

Наш колектив розпочав роботу з культурою тритикале у середині
дев'яностих років з первинних схрещувань сортів пшениці з кілько-

ма сортами жита. Дослідження велися від перших практично стерильних гібридів з подальшим удосконаленням методики роботи з матеріалом і до серії агрономічно привабливих і перспективних селекційних зразків та першого, занесеного до Державного реєстру сортів рослин. Узагальнення результатів наших досліджень з культурою тритикале представлено у цій статті.

Методика

Полеві дослідження виконували на дослідному полі Селекційно-генетичного інституту — Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення Національної академії аграрних наук України (м. Одеса). Як дослідний матеріал для первинних схрещувань використовували сорти озимої пшениці одеської селекції Альбатрос і Прибій (материнські компоненти), синтетичний сорт жита Харківське 88 (джерело пилку) та інбредну лінію озимого тритикале ССТ з хромосомним заміщенням (5B)5D, люб'язно надану нам проф. А. Лукашевським, Університет Каліфорнія, Ріверсайд, США (A. Lukaszewski, UCR, USA).

Дослідний матеріал в усі роки спостережень висівали по неудобреному чорному пару як широкорядно (ширина міжрядь 0,45 м), так і ділянками суцільного посіву площею 5 м² у двох повтореннях. У дослідному матеріалі (весь озимого типу розвитку) визначали базові характеристики зерна, які використовують у селекційних програмах для оцінки селекційного матеріалу пшениці — масу 1000 насінин, вміст у зерні протеїну, SDS-30K седиментацію, твердість і натуру зерна.

Технологічну оцінку дослідного матеріалу пшениці здійснювали за методичними рекомендаціями, прийнятими як стандартні лабораторні процедури у відділі генетичних основ селекції СГІ—НЦНС [9].

Твердість зерна та вміст у зерні протеїну (на абсолютно суху речовину) визначали за допомогою інфрачервоного аналізатора Inframatic 8611 (Perten, Sweden).

Індекси SDS-30K (у кислому середовищі) седиментації борошна визначали з використанням протоколу розробленої нами 2-етапної лабораторної процедури (деклараційний патент № 17023) на напівавтоматичному приладі з керованими мікропроцесором п'ятьма циклами ротації блок-пакету з 16 дослідними зразками. Прилад власного дизайну, виготовлений в СГІ—НЦНС (патент на корисну модель № 65644) [10].

Ферментабельність зерна і вихід етанолу оцінювали лабораторним методом власної розробки [11]. Вміст крохмалю у зерні визначали за ГОСТ 10845-98 «Зерно і продукти його переробки. Метод визначення крохмалю».

Результати та обговорення

Первинні схрещування двох сортів озимої пшениці Альбатрос і Прибій (материнський компонент) та жита Харківське 88 було виконано у 1995 р. Успіх гібридизації пшениці й жита у термінах зав'язу-

вання та життєздатності насіння F_1 , фертильності гібридних рослин F_1 і отримання потомства істотно залежить від генотипу як пшениці, так і, особливо, жита [12]. Це була наша перша спроба гібридизації пшениці із житом та, імовірно, й остання, якби ми не отримали загалом близько 80 зморшкуватих насінин від цих схрещувань. Насіння F_1 було висіяне під зиму і отримано всього лише 3 рослини. Після перезимівлі навесні залишилася всього одна рослина з високою активністю весняного відростання і з надзвичайно високою кустистістю (понад 40 стебел). Потомство цієї рослини стало первинним матеріалом для нашої подальшої роботи з культурою тритикале.

На осінь 2001 р. ми мали 12 фертильних і досить стабільних доборів родин рослин тритикале, які були висіяні ділянками площею 5 м² під урожай 2002 р. На жаль (або на щастя), зима 2002 р. була настільки суворою, що майже всі наші дослідні озимої пшениці були знищені морозами і залишилися лише поодинокі рослини. Водночас всі до одної 12 ділянок тритикале перезимували практично на 100 % і дали урожай понад 30 ц/га. На ділянках ще спостерігалася гетерогенність за морфологією рослин. За основу для подальшої роботи було взято одну кращу ділянку і на її основі були отримані нові елітні добори. Виділений кращий зразок від однієї рослини був розмножений, отримав назву Богдан і був переданий до Державного сортопробування. Однак, попри високий урожай, майбутній сорт Богдан мав дуже жорсткий колос і у рік передачі в ДСВ показав надто незадовільний вимолот зерна, внаслідок чого був відізнаний із сортопробування і залишався в роботі як колекційний зразок для схрещувань.

У 2008 р. сорт Богдан був схрещений з інбредною лінією озимого тритикале з міжхромосомним заміщенням ССТ (5В)5D. Це унікальна лінія, у якій повністю відсутня хромосома 5В, заміщена на хромосому 5D. У хромосомі 5В пшениці (довге плече) локалізований ген *Ph*, домінантний алель якого контролює відсутність кон'югації між гомеологічними хромосомами як гексаплоїдної пшениці, так і тритикале. Відсутність хромосоми 5В (гена *Ph*) індукує гомеологічну рекомбінацію як між хромосомами пшениці, так і між хромосомами жита і пшениці, чого в нормі практично не відбувається. Ефект гомеологічної рекомбінації між хромосомами пшениці й жита особливо успішно був використаний проф. А. Лукашевським (A. Lukaszewski) з метою рекомбінації короткого плеча хромосоми 1RS у пшенично-житній транслокації 1RS.1BL, заміщення житнього негативного щодо хлібопекарської якості локусу *Sec-1* на пшеничний локус *Gli-B1*, та поліпшення хлібопекарської якості борошна тритикале [13, 14].

Від схрещування ССТ(5В)5D × Богдан ми отримали популяцію з надзвичайно високим рівнем гетерогенності за комплексом морфологічних ознак рослин і зерна. З огляду на винятково високу генетичну гетерогенність отриманої популяції ми взяли за мету ретельно її вивчити та виконати максимально можливу кількість ефективних доборів. Лише цю популяцію ми досліджували і здійснювали добори індивідуальних колосів у широкорядних посівах (ширина міжрядь

0,45 м) упродовж кількох наступних поколінь розщеплення, виконували індивідуальні добори за такими селекційними ознаками: висота рослин не вище (100—110 см), урожай зерна з 1 м ряду як потомства індивідуального колоса, урожай зерна з ділянки 5 м², продуктивність і озерненість колоса, виповненість зерна, якість і повнота вимолоту зерна у колосі, посухостійкість рослин, маса 1000 насінин, натура зерна, вміст протеїну й крохмалю в зерні, твердість зерна, седиментація SDS-30K. Особливу увагу приділяли озерненості (продуктивність) колоса, якості вимолоту колоса і виповненості зерна. Дві останні ознаки критично важливі для переважної більшості сортів тритикале, створених як в Україні, так і світі. На жаль, більшість сортів тритикале в Україні мають незадовільно виповнене зерно, дуже жорсткий колос, низьку якість вимолоту колоса і невисоку толерантність до посухи.

У 2016 р. ми отримали перші перспективні цільові добори, які були висіяні ділянками площею 5 м² у дворазовій повторності з нормою висіву 2 млн схожих насінин на 1 га. У разі гетерогенності рослин-потомків від індивідуального колоса, або у випадках гетерогенності рослин на ділянках ми виконували повторні добори і пересів кращих генотипів.

Результати багаторічних досліджень доборів з популяції ССТ(5В)5D × Богдан наведені у табл. 1. У якості стандарту при порівнянні ознак доборів тритикале використовували сорт озимої пшениці Адмірал. Протягом 9 років досліджень елітних доборів різних поколінь з популяції ССТ(5В)5D × Богдан дібраний матеріал у середньому вірогідно перевищував сорт-стандарт озимої пшениці Адмірал за урожаєм зерна в усі роки спостережень без жодного винятку. Найвищі урожаї понад 10 т/га елітні добори показали у 2016 і 2023 рр. в посушливих умовах дослідних полів (м. Одеса). Майже в усі роки спостережень елітні добори тритикале мали краще виповнене зерно порівняно із сортом Адмірал, який за нашими багаторічними даними досить толерантний до посухи. Виповненість і урожай зерна є важливими непрямими господарськими характеристиками толерантності до посухи. Елітні добори тритикале з популяції ССТ(5В)5D × Богдан в усі роки спостережень мали вірогідно вищу масу 1000 насінин порівняно із сортом-стандартом пшениці. Однак вірогідно поступалися сорту пшениці за показниками об'ємної маси зерна — «натура зерна».

З огляду на невисокий агрофон у наших дослідах, вміст протеїну в зерні як сорту-стандарту пшениці, так і елітних доборів тритикале був очікувано досить низьким. До того ж в усі роки спостережень елітні добори тритикале вірогідно (в межах 2 % і більше) поступалися сорту-стандарту пшениці за вмістом у зерні протеїну. За характеристикою «твердість зерна» всі елітні добори тритикале були м'якозерними (з від'ємними величинами за Inframatic 8611). Відповідно, як за вмістом протеїну в зерні, так і за його якістю (тест SDS-30K), елітні добори тритикале вірогідно поступалися сорту-стандарту пшениці.

Важливою особливістю досліджуваної популяції тритикале ССТ(5В)5D × Богдан було вищеплення рідкісних рекомбінантних ге-

ТАБЛИЦЯ 1. Характеристика селекційного матеріалу озимого тритикале, дібраного з популяції ССТ(5В)5D × Богдан, порівняно із сортом-стандартом пшениці Адмірал (площа ділянок 5 м²)

Кількість досліджених доборів	Врожай зерна, ц/га	Виповненість зерна, бал	Маса 1000 насінин, г	Нагура зерна, г/л	Протеїн у зерні на суху речовину, %	Твердість зерна Inframatic 8611	Седиментація SDS-30К, мл
Адмірал, 2016 р.							
Середнє, n = 28	96,76	3,8	40,6	801	11,8	28	76
ССТ(5В)5D × Богдан, 2016 р.							
Середнє, n = 32	110,87	4,0	45,8	734	10,1	—3	29
t _{факт.}	7,91**	2,30*	8,14**	24,29**	5,17**	7,42**	37,65**
Адмірал, 2017 р.							
Середнє, n = 20	57,31	3,8	38,2	786	11,4	20	72
ССТ(5В)5D × Богдан, 2017 р.							
Середнє, n = 38	74,04	4,3	47,5	743	9,8	—12	26
t _{факт.}	10,35**	2,76**	12,32**	19,17**	5,15**	9,73**	38,54**
Адмірал, 2018 р.							
Середнє, n = 22	71,37	4,0	41,7	824	10,68	24	51
ССТ(5В)5D × Богдан, 2018 р.							
Середнє, n = 25	80,42	4,2	47,3	762	8,20	—17	27
t _{факт.}	4,16**	2,14*	10,72**	23,93**	8,42**	11,58**	23,72**
Адмірал, 2019 р.							
Середнє, n = 24	85,33	4,3	41,2	791	11,7	8	56
ССТ(5В)5D × Богдан, 2019 р.							
Середнє, n = 56	92,67	4,5	43,5	745	10,3	—3	31
t _{факт.}	3,27*	2,28*	7,58**	18,24**	4,65**	5,97**	19,28**
Адмірал, 2020 р.							
Середнє, n = 22	65,76	4,0	37,1	798	11,3	21	63
ССТ(5В)5D × Богдан, 2020 р.							
Середнє, n = 52	90,25	4,1	45,9	738	8,9	—25	33
t _{факт.}	13,18**	1,56	9,26**	22,85**	10,87**	12,54**	21,42**
Адмірал, 2021 р.							
Середнє, n = 48	46,31	3,8	40,5	781	12,1	23	64
ССТ(5В)5D × Богдан, 2021 р.							
Середнє, n = 62	71,32	4,0	49,3	734	8,7	—35	27
t _{факт.}	17,45**	2,03	14,16**	17,72**	12,75**	14,67**	25,18**
Адмірал, 2022 р.							
Середнє, n = 22	60,58	4,2	39,7	792	11,3	13	71
ССТ(5В)5D × Богдан, 2022 р.							
Середнє, n = 42	68,46	3,8	46,6	728	9,3	—28	30
t _{факт.}	3,68**	2,36*	10,67**	18,86**	8,74**	10,62**	32,79**

ОСОБЛИВОСТІ СЕЛЕКЦІЇ ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ

Закінчення табл. 1

Кількість досліджених доборів	Врожай зерна, ц/га	Виповненість зерна, бал	Маса 1000 насінин, г	Натура зерна, г/л	Протеїн у зерні на суху речовину, %	Твердість зерна Inframatic 8611	Седиментація SDS-30K, мл
Адмірал, 2023 р.							
Середнє, n = 24	100,67	4,3	41,5	802	10,2	22	58
ССТ(5В)5D × Богдан, 2023 р.							
Середнє, n = 58	112,4	4,2	47,1	737	7,8	—32	22
t _{факт.}	6,94**	1,42	11,26**	19,54**	8,93**	13,57**	24,29**
Адмірал, 2024 р.							
Середнє, n = 8	67,49	4,0	36,2	784	9,1	18	53
ССТ(5В)5D × Богдан, 2024 р.							
Середнє, n = 12	80,22	4,3	48,3	743	8,3	—33	24
t _{факт.}	7,53**	2,54*	21,63**	16,76**	3,92**	11,64**	22,19**

Примітка. * $\leq 0,05$; ** $\leq 0,01$.

нотипів тритикале з білим колосом, попри те, що обидва компоненти схрещування мали червоне забарвлення колоса. Добори рослин з білим колосом (рис. 1), порівняно з червоноколосими, були привабливіші зовні й мали дещо поліпшену якість вимолоту зерна у колосі та вищу посухостійкість.

На рис. 1 проглядається дуже важлива ознака колоса генотипів тритикале, на яку ми звертаємо особливу увагу за добору, а саме: максимально відкрите положення зерна у колосі. Всі без винятку генотипи у популяції ССТ(5В)5D × Богдан були дібрані за ознакою максимально відкритого положення зерна у колосі. Саме цей критерій добору дав змогу отримати селекційний матеріал тритикале з високою якістю вимолоту зерна у колосі, не гірший, а то й кращий



Рис. 1. Колоси доборів тритикале з червоним (крайній ліворуч) і білим колосом та високою якістю вимолоту зерна у колосі

за якістю вимолоту колоса, ніж у пшениці. Одразу зазначимо, що відкрите положення зерна у колосі тритикале жодним чином не призводить до осипання зерна тритикале навіть за тривалого перестояю рослин до збирання урожаю.

Звертає на себе увагу особливість колоса доборів популяції тритикале ССТ(5В)5D × Богдан, які відрізняються високою якістю вимолоту зерна (рис. 2). Як видно на рис. 2, анатомічні структури колоса тритикале, такі як колосовий членистий стрижень колоса і прикріплені до нього колоскові луски, досить стійкі до механічної дії молотильного барабана комбайна і майже не руйнуються у процесі обмолоту. Водночас у таких колосах після вимолоту не залишається жодного не вимолоченого зерна внаслідок особливостей добору генотипів тритикале з максимально відкритим положенням зерна. Ось чому сорти тритикале, отримані без врахування за добору відкритого положення зерна у колосі, мають дуже незадовільну якість вимолоту зерна. Ми вважаємо, що в роботі з популяцією ССТ(5В)5D × Богдан нам вдалося успішно подолати один з головних недоліків сучасних сортів тритикале — низьку якість вимолоту зерна.

Іншою критичною ознакою культури тритикале є недостатньо висока посухостійкість рослин. Ознака стійкості до посухи у нашій роботі з популяцією ССТ(5В)5D × Богдан була однією з критичних за формування пулу селекційного матеріалу. Одним із простих і надійних критеріїв оцінки на посухостійкість тритикале, який ми ефективно використовували за доборів, була реакція листової пластинки рослин тритикале на посуху (рис. 3).

Для удосконалення селекційної програми щодо культури тритикале ми запровадили нову, на наш погляд досить ефективну, технологію розширення генетичної варіабельності тритикале, як основи для успішного добору в популяціях. Серед селекційного матеріалу популяції ССТ(5В)5D × Богдан нами були дібрані короткостеблові високопродуктивні рослини тритикале заввишки 75—80 см з потужним і добре озерненим колосом. Насіння з колосів цих короткостеб-



Рис. 2. Не вимолочений (крайній ліворуч) і повністю вимолочені колоси тритикале



Рис. 3. Реакція листової пластинки тритикале на посуху: ліворуч — сім пластинок, скручених у трубку, праворуч — шість пластинок у нормі

лових рослини було висіяне у польових умовах за схемою, що ілюструє рис. 4. Короткостеблові рослини регулярно через ряд були висіяні поруч з високорослими (115–120 см) рослинами лінії ССТ(5В)5D. Зважаючи на характерний для тритикале високий відсоток відкритого цвітіння, як умови для спонтанної гібридизації, ми очікували в результаті реалізації запропонованої схеми посіву отримати спонтанні гібриди між лінією ССТ(5В)5D та дібраними короткостебловими рослинами. Колоси короткостеблових рослин з імовірними спонтанними гібридами збирали окремо, обмолочували і висівали кожний колос окремо 1 м рядами з шириною міжрядь 0,45 м. Без наявності специфічних маркерів у даному досліді важко встановити точно відсоток спонтанної гібридизації між ССТ(5В)5D і короткостебловими генотипами. Однак у потомстві короткостеблових рослин ми спостерігали досить сильне розщеплення і генерування широкого різноманіття за комплексом морфологічних ознак рослин і зерна. Внаслідок використання цієї схеми спонтанної гібридизації



Рис. 4. Схема спонтанної гібридизації тритикале з використанням високорослої хромосомнозаміщеної лінії (5В)5D (♂) та короткостеблових доборів (♀), розмішених у системно-періодичному порядку розсадника гібридизації

нами було дібрано в популяціях розщеплення цінний селекційний матеріал тритикале, який ми також активно використовуємо у нашій селекційній програмі.

Серед дослідного матеріалу тритикале популяції ССТ(5В)5D × Богдан у 2017 р. було виділено високопродуктивну елітну рослину тритикале з білим колосом, потомство якої після розмноження дало початок першому нашому сорту озимого тритикале Альбіна, який отримав свою назву через особливий білий колос (рис. 5). Сорт Альбіна був переданий в Державне сортовипробування у 2019 р. і після успішного сортовипробування занесений до Державного реєстру сортів України у 2021 р.

Сорт Альбіна ми досліджували в посушливих польових умовах (м. Одеса) упродовж п'яти років. Результати спостережень наведено у табл. 2. Видно, що сорт Альбіна, як і загалом добори селекційного матеріалу з популяції ССТ(5В)5D × Богдан (див. табл. 1), переважав сорт-стандарт пшениці або поступався йому за тими самими характеристиками, що й перспективний селекційний матеріал, дібраний з цієї популяції. Сорт тритикале Альбіна мав достовірно вищі за сорт-стандарт пшениці характеристики за урожаєм зерна, виповненості зерна і маси 1000 насінин. Однак поступався сорту-стандарту за об'ємною масою зерна, вмістом у зерні протеїну та хлібопекарською якістю протеїну. Сорт Альбіна має також екстрем'якозерну консистенцію ендосперму зерна, високий вміст крохмалю в зерні (до 78 %) і вихід абсолютного етанолу з тонни зерна понад 400 л.

Загалом сорт тритикале Альбіна показав такі агрономічні, господарські й технологічні характеристики:

- висота рослин 100—110 см, рослина з високою інтенсивністю кущіння і активного весняного відростання, стійка до полягання, листки широкі, інтенсивно зеленого кольору, вкриті восковим шаром, колос великий, білого кольору, добре озернений (понад 100 насінин у колосі) з майже ідеальним вимолотом зерна;
- сорт має найвищий (9,0) бал стійкості до всіх відомих фітозахворювань, розповсюджених в Одеському регіоні;



Рис. 5. Колос і зерно озимого тритикале сорту Альбіна

ОСОБЛИВОСТІ СЕЛЕКЦІЇ ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ

ТАБЛИЦЯ 2. Агрономічні й технологічні характеристики сорту озимого тритикале Альбіна порівняно із сортом-стандартом пшениці Адмірал (площа ділянок 5 м²)

Кількість досліджених ділянок	Урожай зерна, ц/га	Виповненість зерна, бал	Маса 1000 насінин, г	Натура зерна, г/л	Протеїн у зерні на суху речовину, %	Твердість зерна Inframatic 8611	Седиментація SDS-30K, мл
Адмірал, 2020 р.							
Середнє, n = 22	65,76	4,0	37,1	798	11,3	21	63
Альбіна, 2020 р.							
Середнє, n = 22	88,39	4,3	43,6	752	8,4	—20	28
± до сорту Адмірал	+22,63	+0,3	+6,5	—46	—2,9	—41	—35
Адмірал, 2021 р.							
Середнє, n = 48	46,31	3,8	40,5	781	12,1	23	64
Альбіна, 2021 р.							
Середнє, n = 24	67,17	4,5	47,9	745	8,2	—19	30
± до сорту Адмірал	+20,86	+0,7	+7,4	—36	—3,9	—42	—34
Адмірал, 2022 р.							
Середнє, n = 22	60,58	4,3	39,7	792	11,3	13	71
Альбіна, 2022 р.							
Середнє, n = 22	66,79	4,1	45,8	740	8,9	—16	33
± до сорту Адмірал	+6,21	—0,2	+6,1	—52	—2,4	—29	—38
Адмірал, 2023 р.							
Середнє, n = 24	100,67	4,3	41,5	802	10,2	22	58
Альбіна, 2023 р.							
Середнє, n = 24	107,38	4,2	48,4	758	8,5	—27	29
± до сорту Адмірал	+6,71	+0,1	+6,9	—44	—1,7	—49	—29
Адмірал, 2024 р.							
Середнє, n = 8	67,49	4,3	36,2	784	9,1	18	53
Альбіна, 2024 р.							
Середнє, n = 8	75,34	5,0	49,2	746	7,8	—23	26
± до сорту Адмірал	+7,85	+0,7	+13,0	—38	—1,3	—41	—27

• сорт невибагливий до родючості ґрунтів. На Волині на піщаних ґрунтах з вмістом гумусу 1,6 % показав урожайність понад 60 ц/га. Урожайність в умовах одеського регіону в середньому становила 75—80 ц/га, а в окремі роки сягала 100 ц/га і вище;

• морозостійкість сорту вища за будь які досі зареєстровані сорти озимої пшениці одеської селекції. Посухостійкість дуже висока, що не характерне для культури тритикале, виповненість зерна в усі роки випробування мала значення близькі до максимальних 4,5—5 балів, що є критерієм високої посухостійкості;

• норма висіву максимум 2,0—2,5 млн/га схожих насінин;

• за однакових строків посіву сходи сорту Альбіна з'являються раніше на 1—2 дні, ніж у сортів м'якої пшениці;

- зерно ідеально виповнене, крохмалисте, м'яке, навіть за умов жорсткої посухи ніколи не буває зморшкуватим, маса 1000 насінин 35—40 г, вимолот зерна 100 %, краще ніж у пшениці м'якої, що не характерне для переважної більшості сортів тритикале, зареєстрованих в Україні, вміст протеїну в зерні 9—10 %, вміст крохмалю 75—78 %.

Сорт тритикале Альбіна вперше створений в Україні як сорт технічного спиртодистильного напрямку використання. Призначений для виробництва якісного питного етилового спирту і біоетанолу. В лабораторних випробуваннях показав вихід абсолютного (100 %) етанолу з тонни зерна понад 400 л. За середнього врожаю 7,5—8,0 т/га потенційний вихід абсолютного етанолу становитиме понад 3000 л/га плюс до 2,5 т сухого забродженого кормового залишку з вмістом протеїну 30—35 %. Технологічні характеристики зерна (вміст протеїну та твердість) цілком прийнятні для виготовлення якісних бісквітних виробів із борошна сорту тритикале Альбіна.

Серед перспективних доборів з популяції ССТ(5В)5D × Богдан нами було виділено ще одну високопродуктивну лінію озимого тритикале, яку нині готуємо до передачі у Державне сортовипробування під назвою Оковита. Це також сорт спиртодистильного напрямку використання, про що свідчить, власне, його назва.

Сорти тритикале Альбіна й Оковита вивчали також у селекційних посівах Дослідного сільськогосподарського виробництва Інституту фізіології рослин і генетики НАН України в с. Глеваха Фастівського р-ну Київської обл. За даними цих дослідів у 2022 р. сорт Альбіна мав урожай зерна 10,1 т/га, а сорт Оковита — 10,4 т/га. Сорт-стандарт пшениці Подолянка дав урожай зерна 8,4 т/га. За даними 2023 р. сорт Альбіна дав урожай зерна 12,5 т/га, Оковита — 12,6, Подолянка — 8,4 т/га. За даними випробувань у 2024 р. сорт Оковита дав урожай зерна 10,9 т/га, а сорт пшениці Подолянка — 9,3 т/га.

У спеціальному досліді 2024 р. «Основи раціонального живлення і захисту для підвищення продуктивності пшениці озимої», що виконувався під керівництвом академіка НАН України В.В. Швартау, отримано рекордний урожай тритикале сорту Оковита — 166 ц/га (!) за врожаю сорту-стандарту озимої пшениці Київська 20 — 142 ц/га. Дослід виконувався на дерново-слабо- та середньопідзолистому неоглеєному і глеюватому супіщаному ґрунті з рН 5,9. Це ґрунт типовий для зони Полісся з низьким рівнем родючості.

На жаль, навіть за високих урожаїв культура тритикале, на відміну від нашого сусіда Польщі, непопулярна в Україні. А впровадження у виробництво нових сортів тритикале — то взагалі завдання підвищеної складності. Однак нам вдалося знайти активного творчого партнера, який взяв на себе функцію впровадження сорту тритикале Альбіна в господарствах Західного Лісостепу і Полісся Волинської та Рівненської областей. Ним виявився щирий шанувальник культури тритикале з Волинської області М.І. Приймачук, кандидат с.-г. наук, директор ПП «Еліт-Стар». М.І. Приймачук опрацював і впровадив у практику своєї виробничої діяльності спеціальний алгоритм впровадження нових сортів у виробництво (рис. 6). На цій ос-

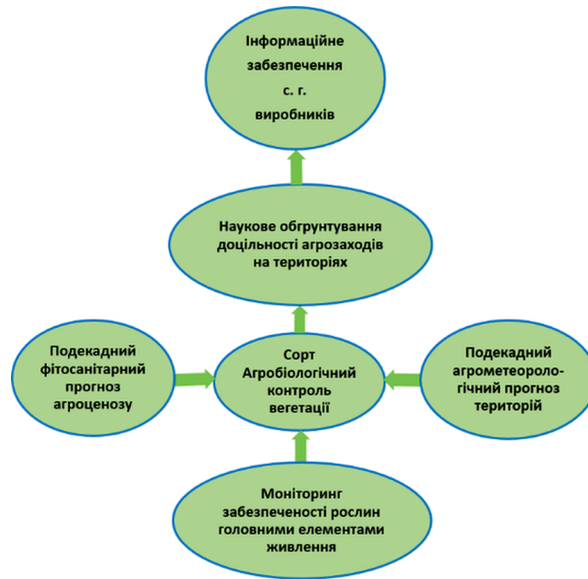


Рис. 6. Принципова схема вивчення і впровадження нових сортів у ПП «Еліт-Стар» Волинської обл.

нові здійснювалося вивчення і впровадження у виробництво сорту тритикале Альбіна, розроблено й впроваджено елементи сортової агротехніки вирощування урожаїв зерна сорту Альбіна на рівні 70—75 ц/га на бідних ґрунтах з вмістом гумусу менше 2 %.

З метою вивчення особливостей сортової агротехніки тритикале сорту Альбіна М.І. Приймачук провів спеціальні польові дослідження та здійснив їхню виробничу перевірку впродовж 2021—2024 рр. На підставі спостережень розроблено рекомендації щодо строків посіву, норм висіву насіння, застосування ретардантів і мінеральних добрив, зокрема використання позакореневих підживлень. За адаптивної технології вирощування норми висіву насіння визначаються з урахуванням необхідної густоти продуктивного стеблостою безпосередньо на конкретному полі. Норми висіву насіння враховують також умови вирощування, строки сівби, здатність сорту до кушіння.

М.І. Приймачук встановив такі норми висіву насіння озимого тритикале сорту Альбіна: Лісостеп — 2,8—3,2 млн/га схожих насінин (140—160 кг/га), Полісся — 3,8—4,2 млн/га схожих насінин (160—180 кг/га). Кращі строки сівби у Західному Лісостепу і Поліссі припадають на кінець вересня—початок жовтня. На основі узагальнених даних рекомендуються такі оптимальні і допустимі строки посіву: Полісся — оптимальні 25 вересня — 5 жовтня, допустимі до 10 жовтня; Лісостеп — оптимальні 30 вересня — 10 жовтня, допустимі до 15 жовтня. Сорт Альбіна на супіщаних ґрунтах позитивно реагує на 3-разове підживлення азотними добривами — $N_{30}; N_{60}; N_{30}$. Позакореневе внесення комплексних водорозчинних добрив забезпечує приріст урожаю зерна на 8—12 % (6—8 ц/га). Високий агрофон гарантовано забезпечує врожайність сорту Альбіна 65—75 ц/га на бідних ґрунтах з вмістом гумусу нижче 2 %. Завдяки зусиллям М.І. Приймачука з популя-

ризації і впровадження сорту Альбіна лише волинські хлібороби під урожай 2025 р. засіяли насінням сорту Альбіна близько 4 000 га.

Культура озимого тритикале з високою посухостійкістю, якими є наші нові високопродуктивні сорти Альбіна й Оковита, також може розглядатися нині як перспективна кормова рослина на заміну кукурудзи, яка практично покинула аграрні регіони України з річною сумою опадів 300 мм і нижче. Ці сорти тритикале мають загальну генетичну основу і характеризуються досить широкою екологічною пластичністю та невибагливістю як до родючості ґрунтів, так і кліматичних умов вирощування.

Таким чином, міжхромосомне заміщення у тритикале ССТ(5В)5D генерує надзвичайно сильну генетичну варіабельність у популяції від схрещування ССТ(5В)5D × Богдан.

У популяції від схрещування ССТ(5В)5D × Богдан нами здійснено ефективні добори перспективного селекційного матеріалу озимого тритикале, що відрізняється високою зерновою продуктивністю, комплексною стійкістю до фітозахворювань, високою стійкістю до посухи, добре виповненим зерном, високою якістю вимолоту зерна у колосі.

На основі доборів з популяції ССТ(5В)5D × Богдан створено два сорти озимого тритикале Альбіна і Оковита, які характеризуються високою екологічною пластичністю, високою зерновою продуктивністю та іншими позитивними агрономічними характеристиками.

Сорт озимого тритикале Альбіна занесений до Державного реєстру сортів України і за співпраці з ПП «Еліт-Стар» Волинської обл. впроваджений у виробництво в господарствах Західного Лісостепу і Полісся.

Задля збереження балансу кормових культур у сівозмінах ми вважаємо доцільним розглянути питання про можливість заміщення у південних регіонах України кормової культури кукурудзи на високопродуктивні й посухостійкі сорти озимого тритикале.

REFERENCES

1. Kamanova, S., Yermekov, Y., Shah, K., Mulati, A., Liu, X. & Bulashev, B. 2023. Review on nutritional benefits of triticale. Czech. J. Food Sci., 41 (4), pp. 1-15. <https://doi.org/10.17221/67/2023-CJFS>
2. Kyrylchuk, A.M., Liashenko, S.O., Bezprozvana, I.V., Chukhleb, C.L., Shcherbinina, N.P. & Shkiliar, V.D. (2023). Productivity and grain quality of winter triticale varieties (Triticosecale Wittmack el. Camus). Plant Var. Stud. Protect., 19 (3), pp. 155-167. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.3.2023.287639>
3. FAOSTAT. Retrieved from <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
4. Sown area of winter crops: data for 2021-2023 (07.05.2024). Agrosphere [in Ukrainian]. <https://skyky-skyky.info>
5. Gaviley, O., Katerynych, O., Ionov, I., Dekhtiarova, O., Griffin, D. & Romanov, M. (2024). Triticale: A general overview of its use in poultry production. Encyclopedia, 4 (1), pp. 395-414. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia4010027>
6. Beres, B., Pozniak, C., Bressler, D., Gibreel, A., Eudes, F., Graf, R., Randhawa, H., Salmon, D., McLeod, G., Dion, Y., Irvine, B., Voldeng, H., Martin, R., Pageau, D., Comeau, A., DePauw, R., Phelps, S. & Spaner, D. (2013). A Canadian ethanol feedstock study to Benchmark the relative performance of triticale: II. Grain quality and ethanol production. Agronomy J., 105 (6), pp. 1707-1720. <https://doi.org/10.2134/agronj2013.0193>

7. Andras, B-E., Ács, B., Racz, I., Ursan, P. & Duda, M. (2023). Triticale, a grain with many uses, including medicinal. *Hop and Medicinal Plants*, 1-2, pp. 93-109. <https://doi.org/10.15835/hpm.v3i1i1-2.14741>
8. Randhawa, H., Bona, L. & Graf, R. (2015). Triticale breeding — progress and prospect. In: *Triticale*, chapter 2, Francois Eudes ed. Springer, Lethbridge, Canada. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-22551-7>
9. Rybalka, O.I., Morgun, V.V., Morgun, B.V., Polyshchuk, S.S., Chervonis, M.V. & Sokolov, V.M. (2023). New genetic variability for wheat (*Triticum aestivum* L.) quality amelioration. *Cytol. Genet.*, 57 (1), pp. 3-16 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.3103/s0095452723010103>
10. Rybalka, A.I. & Pokojevy, G.V. (2011). Device for SDS-30 sedimentation. Patent of Ukraine № 65644; State register for useful models. 12.12.2011 [in Ukrainian].
11. Rybalka, O.I., Chervonis, M.V., Polyshchuk, S.S., Surszenko, I.O., Morgun, B.V. & Dubrovna, O.V. (2019). Laboratory procedure of fermentability evaluation in cereal breeding for distilling end-use. *Fiziol. rast. genet.*, 51 (4), pp. 347-358 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/frg2019.04.347>
12. Scoles, G. (1983). The effect of rye genotype on wheat-rye cross ability and on development of F1 seeds. *Can. J. Genet. Cytol.*, 25, pp. 668-670. <https://doi.org/10.1139/g83-098>
13. Lukaszewski, A.J. (2000). Manipulation of the 1RS.1BL translocation in wheat by induced homoeologous recombination. *Crop Sci.*, 40, pp. 216-225. <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.401216x>
14. Lukaszewski, A.J. (2006). Cytogenetically engineered rye chromosomes to improve breadmaking quality of hexaploidy triticale. *Crop Sci.*, 46 (5), pp. 2183-2194. <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.03.0135>

Received 13.02.2025

FEATURES OF WINTER TRITICALE ($\times$ *TRITICOSECALE* WITTMACK) BREEDING

O.I. Rybalka^{1,2}, *V.V. Morgun*², *S.S. Polishchuk*¹, *M.I. Priymachuk*³, *M.V. Chervonis*¹, *B.V. Morgun*^{2,4}

¹Plant Breeding and Genetics Institute — National Center of Seed and Cultivars Investigation, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
3 Ovidiopol'ska Road, Odesa, 65036, Ukraine

²Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine
31/17 Vasylykiv'ska St., Kyiv, 03022, Ukraine

³Private enterprise «Elit-Star»

16 Shkilna St., Rokyny village, Lutsk district, Volyn region, Ukraine

⁴Institute of Cell Biology and Genetic Engineering, National Academy of Sciences of Ukraine

148 Akademika Zabolotnogo St., Kyiv, 03143, Ukraine

e-mail: molgen@icbge.org.ua

The results of the winter triticale genetic diversity study, ranging from primary crosses of wheat varieties with rye to the deployment of the population from crossing of the chromosome substituted line of triticale CCT(5B)5D (originated by Prof. A. Lukaszewski, UCR, USA) with the cultivar of winter triticale Bohdan are presented. Field as well as laboratory observations of the genetic diversity in the population, and the formation of advanced breeding strains pool from the population that gave rise to high yield and drought-tolerant varieties of winter triticale Albina and Okovyta alcohol-distilling grain end-use were carried out. Studies have shown that the use of the chromosome substituted triticale line CCT(5B)5D in crossing generates an extremely wide genetic variability in the population needed for the efficient selection of elite breeding material according to a complex of agronomic traits such as

high grain productivity, drought tolerance, perfect grain filling, high quality of spike threshing, complex resistance to leaf and stem pathogene infections. Selected from the population of CCT(5B)5D × Bohdan advanced breeding material of winter triticales was investigated by a complex of agronomic and technological traits. Based on selections from the CCT(5B)5D × Bohdan population, two highly productive and drought-tolerant winter triticales lines were obtained that became the ancestors of the new varieties Albina and Okovyta. The Albina variety is listed in the State Register of Varieties of Ukraine, and the Okovyta variety has already transferred to the State trials system. Albina and Okovyta triticales varieties according to technological characteristics (high grain starch content as well as high grain fermentability) can be attributed to varieties of alcohol-distilling technological end-use. Although, no one also denies the feed status of the triticales crop as such. The systematic drought occurrence at recent years in the southern regions of Ukraine makes it increasingly impossible to grow fodder crops of maize. In order to maintain the balance of fodder crops in crop rotation, the authors suggest it expedient to consider replacing fodder maize with highly productive and drought-tolerant cultivars of winter triticales such as Albina and Okovyta.

Key words: triticales, genetic diversity, breeding, agronomic and technological traits.

ORCID

О.І. РИБАЛКА — O.I. Rybalka <https://orcid.org/0000-0003-0103-1012>

В.В. МОРГУН — V.V. Morgun <https://orcid.org/0000-0001-5842-6328>

С.С. ПОЛІЩУК — S.S. Polyshchuk <https://orcid.org/0009-0000-8934-3621>

М.В. ЧЕРВОНІС — M.V. Chervonys <https://orcid.org/0009-0001-9941-2720>

Б.В. МОРГУН — B.V. Morgun <https://orcid.org/0000-0001-7041-6894>