

УДК 633.112:631.95

Екологічна оцінка перспективних ліній тритикале озимого

Волощук С. І., кандидат сільськогосподарських наук
Харченко М. В., кандидат сільськогосподарських наук

*Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН
Україна, 08853, с. Центральне, Миронівський район Київської обл.
e-mail: volsi@ukr.net*

Мета. Провести порівняльну екологічну оцінку ліній тритикале озимого за врожайністю і параметрами адаптивності до погодних умов Лісостепу України. **Методи.** Упродовж 2013–2017 рр. аналізували врожайність 40 ліній тритикале озимого конкурсного випробування Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН. Спостереження і оцінки в польових умовах проводили відповідно до методики державного випробування (2003) та методичних вказівок ВІР (1997), статистичну обробку даних урожайності – за Б. О. Дослеховим. Для оцінки параметрів середовищ та адаптивної здатності і стабільності генотипів використано методику А. В. Кільчевського, Л. В. Хотильової. **Результати.** Визначено параметри середовища та показники врожайності і адаптивності. За роки досліджень виділено 24 кращі за врожайністю зерна лінії. Показник загальної адаптаційної здатності генотипу коливався від -1,13 до +1,57 т/га, і найбільшим він був у лінії 24/90 (Пам'яті Пацеки). Найбільш чутливими до зміни екологічних умов виявились лінії 18/1911/3, 15/647 ЯТГ (ячмінно-тритикальний гібрид), 28/1858/8, 21/70/2, а найменш – 731 Н2, 27/169 Л48, 29/527 ЯТГ, 8/1827/6 (МІП Фенікс) та сорт Миролан. Однак у них спостерігалась нелінійна відповідь на зміну умов середовища. Середньостабільними за врожайністю зерна виявились лінії 1519/1893/2, 20/1998/4, 23/554 ЯТГ, 24/90 (Пам'яті Пацеки). **Висновки.** Визначено особливості впливу факторів та їх взаємодії на формування продуктивності тритикале озимого. Визначальною була екологічний градієнт, частка впливу даного фактора становила 35,4 %. Вплив взаємодії факторів «генотип × середовище» був також значним – 39,3 %. Встановлено особливості умов року випробування як фону для оцінки генотипів. За досліджуваній період (2013–2017 рр.) було виявлено два типи фону: аналізуючий і стабілізуючий. Встановлено як від'ємні, так і додатні кореляції між урожайністю, диференціюючою здатністю середовища, відносною диференціюючою здатністю та параметрами гідротермічних умов. За досліджувані роки найбільш критичними для формування врожайності були гідротермічні умови в періоди «сходи – кушіння», «кушіння – час припинення осінньої вегетації» та «час відновлення весняної вегетації – колосіння», для формування диференціюючої здатності середовищ – у ті ж самі періоди, а також у період «воскова стиглість – збирання». Виділено сорти і лінії з високою загальною і специфічною адаптивною здатністю, які є найбільш цінним вихідним матеріалом для селекції.

Ключові слова: тритикале озиме, екологічна стабільність, адаптивність, урожайність, перспективні лінії, сорти

Вступ. У сільськогосподарському виробництві світу тритикале з кожним роком займає все більші площі. За даними Міжнародної Асоціації по тритикале (ІТА), у 2000 р. світові площі його посівів становили 2 млн га, а у 2012 р. – вже 3,5 млн га [1]. Станом на 2016 р. площі посівів

тритикале у світі склали понад 4,1 млн га, в тому числі у наших сусідів Польщі та Білорусі – близько 2 млн га [2]. Проте в Україні навіть не ведеться статистика площ та валових зборів цієї культури.

У світі основними галузями використання зерна тритикале є кормовиробництво, харчова і переробна промисловість. При цьому слід зазначити, що хоча площі під тритикале складають лише 1,9 % від посівів пшениці, збір зерна тритикале складає 2,2 % від валових зборів пшениці [2]. Тритикале має високу зимостійкість, стійкість проти основних хвороб злакових культур та адаптивність до несприятливих умов вирощування, високу продуктивність зерна і зеленої маси [3]. Зважаючи на суттєву залежність зернового господарства від зовнішнього середовища (жорсткі умови зимівлі, посухи, епіфітотії хвороб) саме з тритикале пов'язують реальну можливість поєднання на більш високому рівні (порівняно з пшеницею) адаптивних властивостей, урожайності і забезпечення суттєвого підвищення виробництва екологічно чистих біопродуктів [4, 5].

Підвищення адаптивності зернових культур шляхом створення пластичних сортів – одна з найважливіших умов стабільності врожаїв за роками [6]. За даними ФАО, у 2014–2016 рр. середня врожайність тритикале складала 116 % від пшениці, проте максимальна поступалась їй (81 %), але мінімальна перевищувала у 3–4 рази [2]. Тритикале можна вирощувати в умовах, мало придатних для вирощування інших культур. Це свідчить про його значний потенціал, проте ставить перед селекційною наукою непросте завдання – створення нових сортів, що матимуть не просто підвищену врожайність, а й стабільність урожаю в часі і просторі [7].

У нинішніх умовах глобальних кліматичних змін та частого недотримання рекомендованих технологій вирощування необхідно оцінювати генотипи рослин не лише за величиною потенційної зернової продуктивності, але й за параметрами адаптивності [8]. Комплексна оцінка сучасних сортів зернових культур на екологічну адаптивність та проблема співвідношення потенційної продуктивності і екологічної стійкості набуває все більшого теоретичного та практичного значення [9, 10].

Аналіз літературних джерел, постановка проблеми. Певні умови і елементи середовища (або екологічні фактори), які поділяються на абіотичні (кліматичні, едафічні, орографічні, хімічні, фізичні), біотичні і антропогенні, мають специфічний вплив на організми [11], визначаючи їх здатність успішно протистояти дії зовнішніх чинників та адаптованість до певних умов існування, або екологічну валентність (толерантність). Сорт – це динамічний біологічний фактор, здатний реалізувати генетичний потенціал продуктивності за різного поєднання факторів зовнішнього середовища. Як зазначав М. І. Вавилов [12], урожай є похідною середовища і генотипу. На думку Дж. Ацці [13], урожай – це взаємодія

двох складових: продуктивності й стійкості. Тому в основу екологічної характеристики організмів покладено їх реакцію на вплив факторів середовища [14, 15].

Визначення параметрів адаптивної здатності та стабільності культурних злакових рослин за зерною продуктивністю в різних екологічних умовах є надзвичайно важливим. Значна мінливість умов середовища, що спостерігається останніми роками [16, 17], та неможливість їх контролювати і регулювати зумовлюють високу варіабельність урожайності сільськогосподарських культур. Виявлення впливу факторів середовища у певному інтервалі на ріст, розвиток і врожайність рослин та з'ясування їх здатності використовувати умови середовища та протистояти негодам є одними з головних завдань агроекологічних досліджень [18]. Створення сорту як основи високопродуктивного та сталого агробіоценозу передбачає обов'язкову оцінку реакції генотипів сортів на абіотичні, біотичні і антропогенні фактори та відбір сортів з високою і стабільною продуктивністю, що забезпечує отримання екологічно безпечної продукції при застосуванні природоохоронних технологій. Визначення параметрів екологічної пластичності сорту дає змогу провести всебічну оцінку, виявити ступінь його адаптивності та практичну цінність для селекції [19].

Проблема оцінки адаптивної здатності, екологічної пластичності і стабільності у процесі створення сортів відображена у працях багатьох селекціонерів. Екологічна стабільність сортів, їх стійкість до лімітуючих факторів середовища і здатність давати високі сталі врожаї набувають все більшої актуальності [20]. У селекції на продуктивність учені оцінюють сорт за амплітудою варіювання кількісних ознак залежно від умов вирощування [21]. Вважається, що екологічна пластичність – це здатність сорту поєднувати економне витрачання ресурсів середовища з високою віддачею біомаси, що накопичується, тобто ефективно використовувати поживні речовини в конкретних умовах вирощування [22, 23]. Стабільність – це здатність регуляторних механізмів підтримувати певний фенотип у різних умовах середовища. У широкому розумінні, стабільним є той генотип, на розвиток ознак якого коливання погодних умов має незначний вплив [24]. Важливою для селекціонерів є також можливість оцінити передбачуваність середовища як фону для добору [25].

Для виявлення стабільності сортів на практиці велике значення мають досліди екологічного та факторіального випробування [26]. На сьогодні найбільш поширеним способом оцінки пластичності і стабільності є аналіз урожайності сортів за ряд контрастних років або на основі випробування сортів у різних ґрунтово-кліматичних умовах [27, 28].

Відмічається коливання рівня врожайності внаслідок нестійких погодних умов у різні періоди вегетації, які характеризуються як посуш-

ливістю, так і дуже значною кількістю опадів [29]. Нестабільність зерновиробництва визначає основне завдання селекції тритикале озимого – створення і впровадження сортів, які поєднують високу продуктивність з адаптивністю, що сприятиме підвищенню продовольчої безпеки та росту експортного потенціалу України. Тому оцінка екологічної пластичності перспективних ліній в умовах нестабільності клімату дуже важлива для створення нових сортів з максимальною витривалістю та широкими можливостями пристосування до погодних змін, здатністю забезпечувати порівняно високі врожаї як у посушливі, так і вологі роки.

Оцінка взаємодії генотипу і середовища на різних етапах селекційного процесу – найважливіший елемент екологізації селекції і підвищення ефективності добору. Статистичні методи дають можливість виявляти пристосувальні можливості генотипів (загальну і специфічну адаптивну здатність, екологічну стабільність), а також встановлювати основні параметри середовища як фону для добору (типовість, диференціююча та передбачувальна здатність) [19, 20, 28]. Найбільш прийнятне використання цих методів на початкових і заключних етапах селекції (підбір вихідного матеріалу, розсадник гібридизації та конкурсне випробування, екологічне та державне сортовипробування, селекція на гетерозис). Збільшення обсягу випробування генотипів у різних середовищах багаторазово компенсується підвищенням інформативності селекції. Головним принципом є екологічна спрямованість на цільову сукупність середовищ (ґрунтово-кліматичні і агротехнічні умови вирощування сорту) [28].

Мета досліджень – провести порівняльну екологічну оцінку ліній тритикале озимого за продуктивністю і параметрами адаптивності до погодних умов Лісостепу України; завдання досліджень – виявити частку впливу генотипу, факторів зовнішнього середовища та їх взаємодії на мінливість урожайності; вивчити адаптаційну здатність новостворених ліній тритикале озимого за продуктивністю; визначити кореляційні взаємозв'язки між урожайністю і гідротермічними умовами вегетаційного періоду; встановити диференціюючу здатність різних екологічних умов.

Матеріал та методи. Упродовж 2013–2017 рр. досліджували 40 ліній і сортів тритикале озимого конкурсного випробування Миронівського інституту пшениці. Стандарт – сорт Амур. Попередник – зайнятий пар. Сіяли нормою висіву 5 млн схожих насінин на 1 га сівалкою СН-10Ц. Облікова площа ділянки – 10 м². Повторність чотирикратна. Збирали комбайном Сампо 130.

Спостереження і оцінки в польових умовах проводили відповідно до методик [30, 31], статистичну обробку даних урожайності – за алгоритмами дисперсійного аналізу [32] з використанням ППП MS Excel та Statistica 10.0. Для оцінки параметрів середовищ та адаптивної здатності

і стабільності генотипів використано методику А. В. Кільчевського, Л. В. Хотильової [20, 33].

Для характеристики середовища як фону для випробування ліній розраховували наступні основні параметри: продуктивність фону $u+d_k$, ефект середовища d_k , взаємодію генотип \times середовище $\sigma^2(G \times E)_{ek}$, диференціюючу здатність середовища $\sigma^2ДЗС$, коефіцієнт лінійності l_{ek} , відносну диференціюючу здатність середовища S_{ek} та коефіцієнт компенсації-дестабілізації K_{ek} .

Параметри адаптивності досліджених ліній визначали за загальною (ЗАЗ) і специфічною (САЗ) адаптивною здатністю, відносною стабільністю генотипу (S_{gi}), коефіцієнтом екологічної пластичності (b_i) та селекційною цінністю генотипу (СЦГ). Коефіцієнти екологічної пластичності b_i розраховано згідно з К. W. Finlay, G. N. Wilkinson [34] та S. A. Eberhart, W. A. Russel [35].

Контрастність метеорологічних умов у роки досліджень (2012–2017 рр.) дала можливість всесторонньо вивчити ознаки стійкості ліній та сортів тритикале озимого до несприятливих факторів середовища. У зоні досліджень середньобогаторічна температура повітря складає 8,1 °С, кількість опадів за рік – 609 мм, днів з дощами – 107, зі снігом – 57 (дані Агromетеостанції «Миронівка»). Відхилення середньомісячної температури та середньомісячної кількості опадів від середньобогаторічних у розрізі місяців показано на рисунку 1, гідротермічний режим за періодами вегетації років досліджень – у таблиці 1.

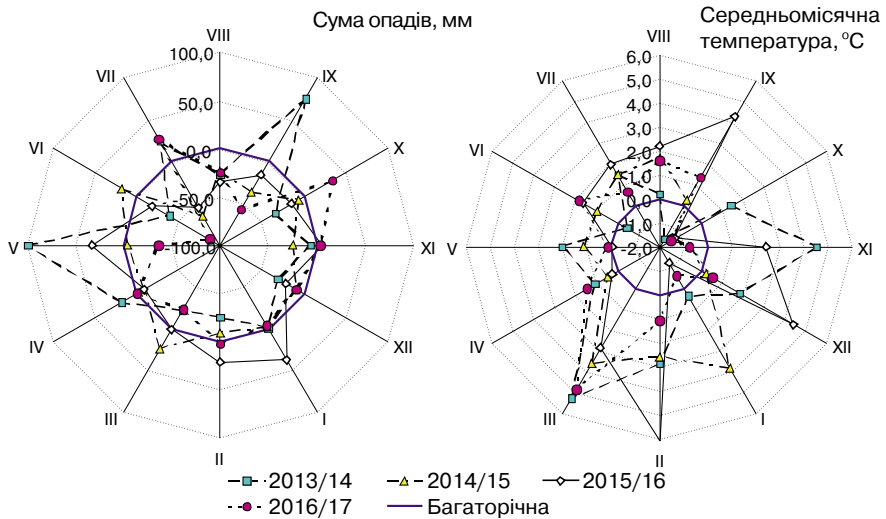


Рис. 1. Відхилення середньомісячної кількості опадів (мм) та температури повітря (°С) від середньобогаторічних (2012–2017 рр., дані Агromетеостанції «Миронівка»)

Таблиця 1. Гідротермічний режим вегетаційних періодів тритикале озимого (МІП, 2013–2017 рр.)

Веgetаційний період	Сівба-сходи	Сходи-кущіння	Кущіння- ЧПОВ	ЧПОВ- ЧВВВ	ЧВВВ-колосіння	Колосіння-воскова стиглість	Воскова стиглість-збирання	Сходи- колосіння	Сівба- збирання
Опади, мм									
2013/14	67,1	0	40,1	55,9	174	59,2	138,7	329,2	534,9
2014/15	22,6	0	35,3	114	113,5	85,8	57,9	348,7	429,2
2015/16	1,0	21,1	67,8	126,2	136,4	70,4	46,5	421,9	469,4
2016/17	66,8	16,5	24,9	105,4	73,7	25,7	45,5	246,1	358,4
Середньодобова температура, °С									
2013/14	11,0	7,9	8,9	-1,5	10,5	19,1	20,4	6,4	10,9
2014/15	11,6	9,9	7,3	-0,3	9,8	19,9	19,4	6,7	11,1
2015/16	14,6	5,4	3,9	-1,8	9,5	17,0	23,2	4,2	10,2
2016/17	8,1	4,5	0,7	-3,0	10,0	19,9	21,1	3,0	8,8
Сума ефективних температур, °С									
2013/14	131,9	114,0	354,7	10,8	740,7	687,1	592,3	1907	2631
2014/15	162,3	147,9	56,9	95,1	666,8	537,9	581,5	1504	2248
2015/16	190,2	47,7	200,7	48,1	701,3	509,8	695,6	1507	2393
2016/17	151,6	49,2	183,5	18,7	786,1	676,5	527,7	1530	2209
Відносна вологість повітря, %									
2013/14	82,0	75,2	81,7	82,2	62,8	66,3	69,6	75,5	74,2
2014/15	65,9	56,5	76,9	82,9	59,3	59,3	64,4	68,9	66,5
2015/16	60,9	59,1	84,7	81,9	68,4	68,8	63,3	73,5	69,6
2016/17	77,7	75,1	89,1	80,8	59,1	54,4	55,3	76,0	70,2
Тривалість окремих періодів, днів									
2013/14	6	21	42	101	78	31	32	242	311
2014/15	13	15	9	135	79	26	25	238	302
2015/16	11	14	67	64	84	29	26	229	295
2016/17	25	15	11	101	85	31	27	212	295
ГТК									
2013/14	5,1	0	1,1			0,9	2,3	1,7	2,0
2014/15	1,4	0	6,2			1,7	1,6	2,3	1,9
2015/16	0,1	4,4	3,4			1,9	1,4	0,7	2,0
2016/17	4,4	3,4	0			0,9	0,4	1,6	1,6
Середні дати									
Веget. період	Сівба	Сходи	Кущіння	ЧПОВ	ЧВВВ	Колосіння	Воскова стиглість	Збирання	
2013/14	17.09	23.09	14.10	25.11	06.03	23.05	23.06	25.07	
2014/15	17.09	30.09	15.10	24.10	08.03	26.05	21.06	16.07	
2015/16	26.09	07.10	21.10	27.12	29.02	23.05	21.06	17.07	
2016/17	30.09	25.10	09.11	20.11	01.03	25.05	25.06	22.07	

Примітка. ЧПОВ – час припинення осінньої вегетації, ЧВВВ – час відновлення весняної вегетації, ГТК – гідротермічний коефіцієнт

Температура повітря у майже всі місяці досліджуваного періоду (за винятком вересня, жовтня та січня в окремі роки) перевищувала середньобагаторічну. За опадами відзначається значна і непередбачувана нерівномірність за місяцями.

За вегетаційний період 2013/14 р. найбільшу кількість опадів спостерігали у вересні 2013 р. та травні 2014 р. (134 мм, або 287 % до середньобагаторічної, та 158 мм, або 311 %, відповідно). Потужна вегетативна маса рослин і колосся не змогла протистояти поривам вітру і зливам (іноді за добу випадало 30–40 мм), що викликало значне вилягання посівів.

У вегетаційний період 2014/15 р. середня температура повітря (9,4 °С) була вище середньобагаторічної. Травневі зливи викликали часткове вилягання посівів. У вегетаційний період 2015/16 р. спостерігалися тепла осінь та аномально тепла зима (у грудні та лютому температура повітря переважала середньомісячні відповідно на 2,1 ÷ 2,4 °С). У січні спостерігалися негативні температури повітря (від -19,7 °С до -21,6 °С), а середньомісячна була на 1,2 °С нижчою від середньобагаторічних даних. Вегетаційний період 2016/17 рр. був найбільш посушливим, з дуже жаркою і сухою погодою та малою кількістю опадів (у березні, травні, а особливо – у червні), що суттєво вплинуло на врожай. Отже, з чотирьох років досліджень 2017 р. був несприятливим, 2016 р. – сприятливим, 2014 р. і 2015 р. – відносно сприятливими для росту і розвитку тритикале озимого (див. табл. 1).

Відновлення весняної вегетації починається після стійкого переходу середньодобової температури повітря через +5 °С [36, 37], що зазвичай припадає на першу декаду березня (у наших дослідженнях: 2014 р. – 05.03, 2015 р. – 09.03, 2016 р. – 01.03 та 2017 р. – 27.02). Для характеристики гідротермічних умов за показниками температури та режиму зволоження ґрунту і повітря в період вегетації використовують гідротермічний коефіцієнт (ГТК 0,5 і менше – сухо; 0,6–1,0 – посушливо; 1,1–1,5 – волого; ГТК > 1,6 – надмірне зволоження) [38]. Аналіз погодних умов у періоди вегетації 2013–2017 рр. показав, що у 2017 р. період від ЧВВВ до збирання зернових був надзвичайно посушливим (ГТК відповідно до фаз 0,9, 0,4 та 0,9), тоді як 2014 р. характеризувався надмірним зволоженням у періоді ЧВВВ-колосіння та воскова стиглість-збирання (ГТК 2,3).

Обговорення результатів. Продуктивність сорту є результатом функціонування комплексу найважливіших еколого-генетичних систем, що визначають формування складних кількісних ознак, залежність яких від факторів зовнішнього середовища добре відома [22]. Однією з таких ознак є врожайність.

Варіювання середньої за роки досліджень урожайності сортів і ліній тритикале озимого представлено на рисунку 2.

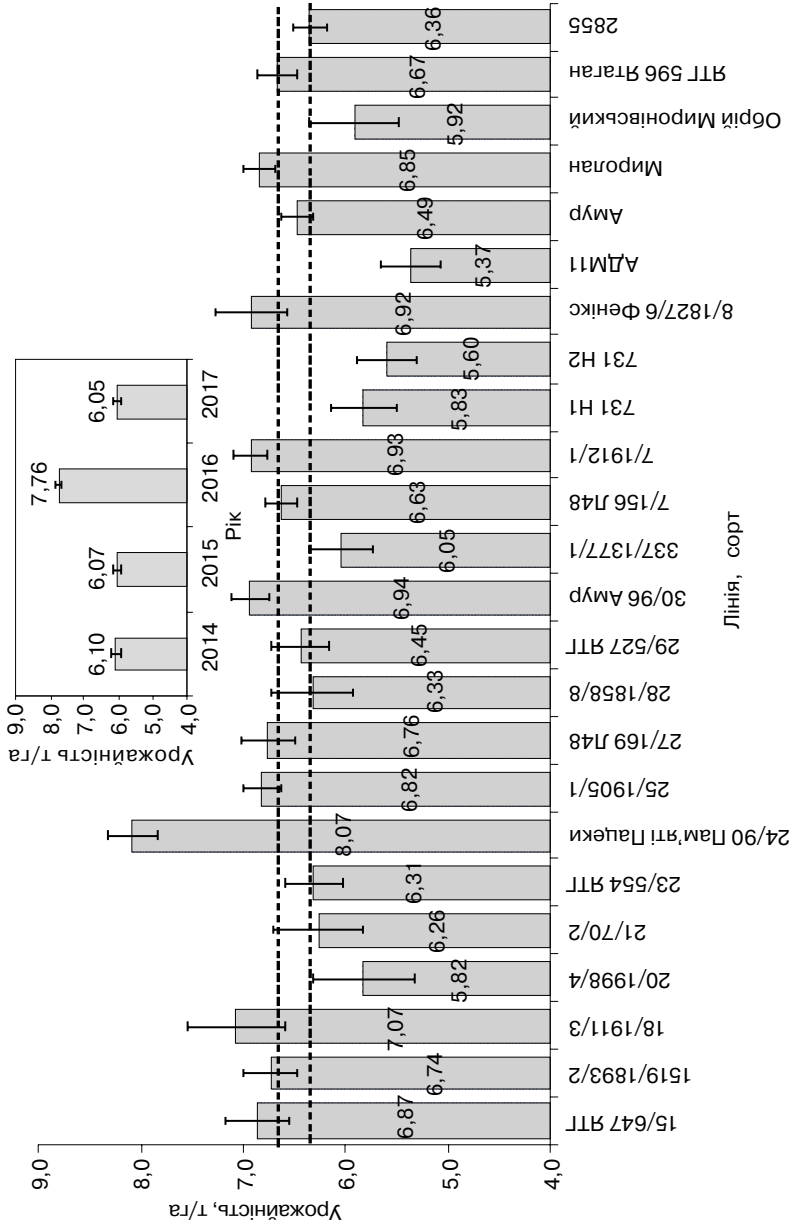


Рис. 2. Середня врожайність (т/га) сортів і ліній тритикале озимого конкурсного випробування (МІП, 2013 – 2017 рр.)
Примітка. Пунктиром позначено довірчий інтервал відмінностей від стандарту Амур. $НР_{05} = 0,50$;
 на врізці – середня врожайність (т/га) за роками (адаптивна норма)

Результати дисперсійного аналізу показали, що фактори експерименту мають суттєвий вплив на врожайність сортів і ліній тритикале озимого. При розгляді сум квадратів відхилень виявлено, що найбільший вплив на врожайність мали погодні умови року. Вплив на врожайність екологічного градієнта (рік) склав 35,4 % (рис. 3). Роль сорту, як окремого фактора, склала лише 13,8 %, тоді як взаємодія факторів була на рівні 39,3 %. Це свідчить, що підвищення врожайності та її стабільності можливе за умови використання високопродуктивних адаптивних сортів.

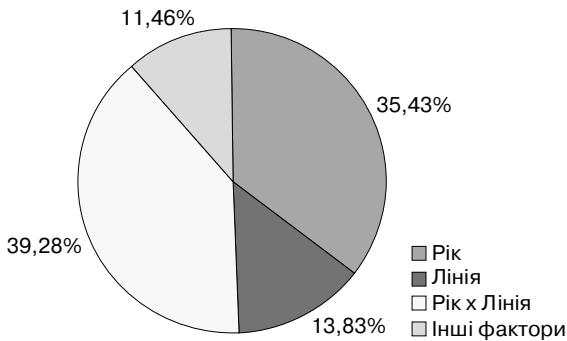


Рис. 3. Частка впливу факторів на мінливість урожайності зерна тритикале озимого

Вплив факторів досліджу та їх взаємодій на варіювання врожайності виявився статистично значущим на 0,1 % рівні значущості.

Розгляд структури середнього квадрата відхилень урожайності показує, що внесок умов року складає 92 %, генотипу – 2,8 %, взаємодії – 4,9 % (табл. 2).

Таблиця 2. Дисперсійний аналіз урожайності сортів і ліній тритикале озимого конкурсного випробування (МІП, 2013–2017 рр.)

Джерело варіювання	SS	df	MS	F	p	MS _i /MS _s , %	Компоненти варіанси	
							s ²	%
Рік	449,54	3	149,85	566,69	<0,001	92,1		
Лінія	175,50	39	4,50	5,56	<0,001	2,8	0,50	41,3
Рік x Лінія	498,47	62	8,04	9,93	<0,001	4,9	0,65	53,3
Залишкова	145,43	550	0,26			0,2	0,07	5,4
Всього	1268,94		162,65				1,22	

Якщо виключити з подальшого розгляду варіансу, обумовлену умовами року, і проаналізувати компоненти варіанси, то видно, що суми квадратів взаємодії рік x лінія кількісно більші за всі інші. Генотипова варіанса також кількісно збільшилась, що свідчить про достовірні роз-

ходження за врожайністю зерна між досліджуваними сортами і лініями. Це характерно і для F-тесту.

За адаптивними властивостями розрізняють сорти інтенсивного типу (з сильною реакцією на середовище), гомеостатичні (які забезпечують стабільні врожаї при коливанні погодних умов) та пластичні (які адекватно реагують на зміну погодних умов року) [38]. За різницею між максимальною і мінімальною врожайністю розраховується стабільність генотипу, і чим вона менша, тим вищою є стабільність (стресостійкість).

Інтенсивним є сорт, який в оптимальних умовах вирощування перевищує за продуктивністю інші; пластичним – що має найвищу середню продуктивність у різних середовищах [39].

Максимальна середня врожайність тритикале озимого (7,76 т/га) була відзначена у 2016 р., мінімальна (6,05 т/га) – у 2017 р. (табл. 3). Коефіцієнт варіації врожайності (V) за роками змінювався від 8,49 % (2014 р.) до 16,65 (2015 р.). Зокрема, у 2014–2017 рр. урожайність лінії 24/90 (Пам'яті Пацеки) тритикале озимого становила від 6,68 до 9,36 т/га. За чотири роки досліджень виявлено значний рівень варіювання врожайності цієї лінії (V = 17,7 %). Помірно високе варіювання (понад 20 %) відзначено у ряду ліній (15/647 ЯТГ, 18/1911/3, 28/1858/8, 21/70/2).

Таблиця 3. Оцінка середовища як фону для добору (2013–2017 рр.)

Вегетаційний період	Параметри середовища як фону для оцінки ліній										
	Ранг фону	Середнє значення по середовищу	Вплив середовища	Варіанса здатності викликати взаємодії генотип × середовище	Варіанса диференціюючої здатності середовища	Диференціююча здатність середовища	Відносна диференціююча здатність середовища	Коефіцієнт компенсації середовища	Коефіцієнт нелінійності впливу середовища	Коефіцієнт типовості середовища	Коефіцієнт передбачуваності впливу середовища
		$u+d_k$	d_k	$s^2(G \times E)_{ek}$	$s^2 D3C_k$	ДЗС	S_{ek}	K_{ek}	I_{ek}	t_k	P_k
2013/14	4	6,10	-0,40	2,21	0,27	4,44	4,3	0,75	8,14	0,55	0,31
2014/15	2	6,07	-0,43	2,66	1,00	16,48	16,4	2,78	2,66	0,86	0,96
2015/16	1	7,76	1,27	4,13	1,63	21,04	21,0	4,54	2,53	0,75	0,64
2016/17	3	6,05	-0,44	5,69	0,77	12,75	12,7	2,15	7,36	0,43	0,58

Для порівняльної оцінки середовищ за здатністю викликати взаємодію «генотип × середовище» розраховано варіансу $\sigma^2(G \times E)_{ek}$ (див. табл. 3). Найбільша варіанса взаємодії «генотип × середовище» за продуктивністю (5,69) проявилась в умовах 2016/17 р., найменша (2,21) – в умовах 2013/14 р.

Показник диференціюючої здатності середовища ($\sigma^2 D3C_k$) дає змогу оцінити останнє як фон для добору генотипів. Чим більша $\sigma^2 D3C_k$, тим

більшим буде поліморфізм за цією ознакою. Максимальною диференціююча здатність середовища була в умовах 2015/16 р. (1,63).

Відносна диференціююча здатність середовища S_{ek} дає можливість порівнювати результати досліджень із різним набором культур, генотипів, середовищ, ознак. Найбільша відносна диференціююча здатність середовища ($S_{ek} = 20,96\%$) проявилась в умовах 2015/16 р., найменша (4,34 %) – в умовах 2013/14 р.

У результаті проведених досліджень встановлено особливості середовища як фону для добору. Враховуючи середню врожайність зерна по досліді, ми ранжували середовища за сумарним рангом по всіх досліджених параметрах. На першому місці виявились умови 2015/16 р., на 2-му – умови 2014/15 р., на 3-му – 2016/17 р. і на 4-му – 2013/14 р.

Виділяють три групи фонів: стабілізуючий (поліморфізм популяції не виявляється), аналізуючий (сприяє виявленню різних біотипів) та нівелюючий (пригнічується життєздатність різних біотипів і нівелюється різниця між ними) [40].

У 2014/15 та 2015/16 рр. мали місце висока диференціююча здатність (16,48; 21,04) і типовість (високі коефіцієнти кореляції – 0,86 та 0,75 відповідно), тобто в цих середовищах був аналізуючий фон для добору, який повною мірою розкрив генетичний потенціал досліджуваного матеріалу.

У жаркому та посушливому 2017 р. спостерігали поліморфізм популяції, але в цьому випадку він був, скоріш за все, мірою адаптації до стресових умов, що дало змогу виділити найбільш посухостійкі лінії. А у 2013/14 р. мав місце стабілізуючий фон для добору, який характеризувався середніми оцінками ефектів та низькою диференціюючою здатністю. Ефекти дестабілізації сильніше проявлялись в умовах 2015/16 р. ($K_{ek} = 4,54$), найменше – в умовах 2013/14 р. ($K_{ek} = 0,75$).

Комплексним показником, що дає змогу ранжувати середовища за їх цінністю як селекційного фону, є коефіцієнт передбачуваності фону P_k . Найвищим ($P_k = 0,96$) показник був в умовах 2014/15 р., середнім – в умовах 2015/16 р. ($P_k = 0,64$) та 2016/17 р. ($P_k = 0,58$), найменшим ($P_k = 0,31$) – у 2013/14 р.

Урожайність формується в результаті взаємодії «генотип × середовище». Мінливість урожайності є результатом різних екологічних умов росту і розвитку рослин. Один і той же генотип може в різних умовах середовища мати різне значення врожайності. Знаючи фенотип, який формує певний генотип у різних умовах середовища, можна дізнатися про його адаптивні можливості.

Визначено врожайність (т/га) у середовищах ($u+v_i$), а також $3A3g_p$, $s^2(G \times E)g_p$, $s^2(CA3)g_p$, $CA3_i$, Sg_p , $СЦГ_i$, відносну стабільність генотипу (BCG_i), коефіцієнт нелінійності (l_i), коефіцієнт компенсації-дестабілізації (Kg_i),

коефіцієнт регресії (b_i) та відхилення від регресії (S^2d_i). Оскільки ці показники пов'язані між собою, нами проведено кореляційний аналіз. Кореляційні плеяди результатів такого аналізу наведені на рисунку 4.

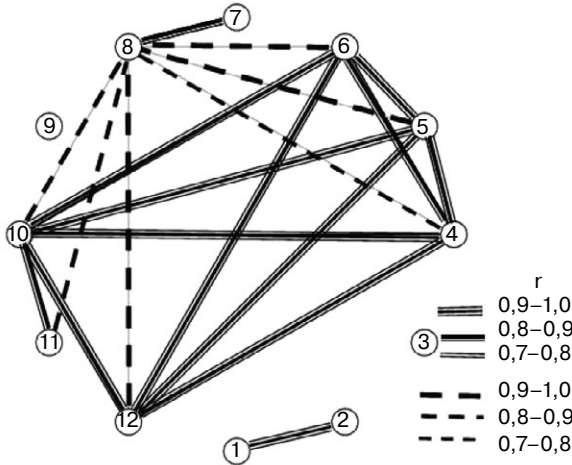


Рис. 4. Структура кореляцій між параметрами адаптивної здатності і стабільності генотипів (показано кореляції $> |0,7|$)

Примітка. Номери в кутах плеяди означають: 1 – $u+v$, 2 – $ЗАЗg_i (v_i)$, 3 – $s^2(G \times E)g_i$, 4 – $s^2(CA3)g_i$, 5 – $CA3g_i$, 6 – Sg_i , 7 – $СЦГ_i$, 8 – $ВСГ_i$, 9 – l_i , 10 – Kg_i , 11 – b_i , 12 – S^2d_i

Виявлено, що між показниками є сильні прямі парні кореляційні залежності ($r > 0,9$), зокрема між середньою за роками врожайністю ($u+v_i$) та $ЗАЗg_i (v_i)$; між $s^2(CA3)g_i$, $CA3g_i$, Sg_i , Kg_i та S^2d_i ; $СЦГ_i$ і $ВСГ_i$, b_i та Kg_i . Також встановлено статистично значущі сильні негативні кореляції між $ВСГ_i$ та показниками $s^2(CA3)g_i$, $CA3g_i$, Sg_i , Kg_i , b_i і S^2d_i (див. рис. 4). Тому в подальшому розгляді використано обмежену кількість показників: $ЗАЗg_i$, $s^2(G \times E)g_i$, $CA3g_i$, $СЦГ_i$, l_i , Kg_i , b_i , S^2d_i (табл. 4).

Загальна адаптаційна здатність ліній ($ЗАЗ_i$) характеризує середнє значення врожайності в усіх екоградієнтах, тоді як специфічна адаптаційна здатність ($CA3_i$) є мірою консервативності генотипу. За ознакою «врожайність зерна» $ЗАЗ_i$ коливалась від $-1,13$ т/га до $+1,57$ т/га і найбільшою була у лінії 24/90 (Пам'яті Пацеки), при цьому варіанса її специфічної адаптаційної здатності також мала відносно високе значення.

Відношення $s^2(G \times E)_i / s^2 CA3_i (lg_i)$ може бути показником нелінійності відповіді генотипу на середовище. Якщо $lg_i \rightarrow 1$, то генотип реагує на більшість середовищ нелінійно, а при $lg_i \rightarrow 0$ переважає лінійна реакція.

Для визначення ефекту компенсації запропоновано коефіцієнти компенсації-дестабілізації генотипів і середовищ. При $K_{gi} = 1$ ефекти ком-

Таблиця 4. Адаптивна здатність та екологічна стабільність кращих сортів і ліній тритикале озимого за ознакою «врожайність зерна» (2013–2017 рр.)

Лінія, сорт	Показники адаптивної здатності і стабільності							
	ЗАЗ _{gi}	s ² (GrE) _{gi}	САЗ _{gi}	СЦГ _i	I _i	K _{gi}	b _i	S ² d _i
15/647 ЯТГ	0,37	1,11	1,80	3,10	0,34	4,87	1,99	0,91
1519/1893/2	0,24	-0,04	0,80	5,07	-0,06	0,96	0,97	0,41
18/1911/3	0,57	1,28	1,91	3,07	0,35	5,47	2,16	0,96
20/1998/4	-0,68	0,17	0,95	3,83	0,19	1,36	1,01	0,49
21/70/2	-0,24	0,15	1,27	3,61	0,09	2,42	1,52	0,64
23/554 ЯТГ	-0,19	0,08	0,80	4,65	0,13	0,95	0,89	0,41
24/90 (Пам'яті Пацеки)	1,57	1,27	1,41	5,12	0,64	2,99	1,00	0,71
25/1905/1	0,32	0,22	1,25	4,22	0,14	2,33	1,43	0,63
27/169 Л48	0,26	0,30	0,34	6,05	2,61	0,17	0,37	0,20
28/1858/8	-0,18	0,35	1,45	3,29	0,16	3,16	1,73	0,73
29/527 ЯТГ	-0,05	0,43	0,50	5,41	1,76	0,37	0,37	0,27
30/96 (Амур)	0,43	0,18	0,50	5,89	0,72	0,38	0,55	0,27
337/1377/1	-0,45	0,05	1,00	3,95	0,05	1,51	1,17	0,51
7/156 Л48	0,12	0,50	0,94	4,65	0,57	1,33	0,77	0,48
7/1912/1	0,43	0,86	1,38	4,05	0,46	2,84	1,22	0,70
731 Н1	-0,68	0,08	0,94	3,86	0,09	1,32	1,06	0,48
731 Н2	-0,90	0,59	0,30	4,97	6,61	0,14	0,06	0,06
8/1827/6 (МІП Фенікс)	0,42	-0,01	0,91	5,02	0,00	1,23	1,08	0,47
АДМ11	-1,13	0,48	0,99	3,30	0,49	1,47	0,85	0,51
Амур	-0,01	2,54	1,57	3,20	1,03	3,70	0,45	0,79
Миролан	0,35	1,39	1,03	4,70	1,32	1,58	0,27	0,53
Обрій Миронівський	-0,58	0,32	0,63	4,59	0,78	0,60	0,56	0,34
ЯТГ 596 (МІП Ятаган)	0,17	-0,04	1,22	4,12	0,00	2,23	1,29	0,62
2855	-0,14	1,28	1,12	4,01	1,02	1,89	1,21	0,57

пенсації і дестабілізації приблизно рівні. При $K_{gi} > 1$ ефекти взаємодії генотипу і середовища збігаються за знаком з ефектами середовища, і варіанса $s^2(САЗ)_{gi}$ зростає більше порівняно з $s^2(САЗ)$ (дестабілізуючий ефект) [20]. При доборі стабільних генотипів варто віддавати перевагу генотипам з $K_{gi} < 1$.

Показник екологічної стабільності b_i являє собою коефіцієнт регресії врожайності кожного i -го зразка на рівень напруженості екологічних факторів кожного j -го середовища. Якщо $b_i > 1$, то сорт має підвищену чутливість до зміни умов середовища; якщо b_i близьке до 1, то сорт буде середньо стабільним; якщо $b_i < 1$, то стабільність вище середньої [34]. Інший показник стабільності S^2_{di} – це середнє квадратичне відхилення від лінії регресії врожайності на екологічний градієнт, і його величина обернено пропорційна рівню стабільності [35]. Найбільш чутливими до зміни умов виявились лінії 18/1911/3, 15/647 ЯТГ, 28/1858/8, 21/70/2, а найменш – 731 Н2, 27/169 Л48, 29/527 ЯТГ, 8/1827/6 (МІП Фенікс) та сорт Миролан. У деяких з них спостерігалась нелінійна відповідь на зміну умов середовища.

У лінії 1519/1893/2, 20/1998/4, 23/554 ЯТГ, 24/90 (Пам'яті Пацеки) відповідь на зміну умов середовища за ознакою «врожайність зерна» була близькою до лінійної, коефіцієнт регресії b_i – близьким до 1, а стабільність мала середні показники (S_{di}^2 0,20 ÷ 0,41). Враховуючи оцінки ефектів $ЗАЗ_i$ та показник селекційної цінності генотипів, ці лінії поєднували високий генетичний потенціал урожайності зі стабільністю його реалізації.

Можливість оцінити генотип за поєднанням продуктивності й стабільності врожаю надає інтегральний показник – селекційна цінність генотипу. Високі показники СЦГ_i мали сорти Пам'яті Пацеки (5,02), МПФ Фенікс (5,04) та лінії 30/96 (дигаплоїдна лінія добору з сорту Амур) (6,08) і 1519/1893/2 (5,11), максимальний (6,52) – лінія 27/169 Л48 (добір з сорту Миролан).

Оскільки отримані показники адаптивності представлено в різних одиницях виміру, об'єднати їх одним показником неможливо. Тому, скориставшись підходом В. А. Власенка [41], провели ранжування значень одержаних параметрів. При цьому за показниками врожайності, $ЗАЗ_{gr}$, $s^2(G \times E)_{gr}$, $s^2(САЗ)_{gr}$, $САЗ_{gr}$, Sg_i , $СЦГ_i$, $ВСГ_i$, Kg_i , b_i генотипи ранжували у порядку зростання значень, а за показниками l_i , $S^2 d_i$ – у порядку зменшення. Це дало змогу визначити ранг кожного сорту за окремими параметрами адаптивності, а далі за їх сумою, поділеною на середню врожайність [41], розрахувати ранг адаптивності генотипу, тобто його рейтинг у досліджуваному наборі ліній (табл. 5).

Визначення рейтингу адаптивності показало, що кращими були лінії 24/90 (Пам'яті Пацеки), 18/1911/31, 5/647 ЯТГ, 7/1912/1, 25/1905/1, 8/1827/6 (МПФ Фенікс), 596 ЯТГ (МПФ Ятаган), Миролан, 28/1858/8, 29/527 ЯТГ, 30/96 (Амур). Тобто, генотипи, що мають низькі значення цього показника і займають перші місця за сумою рангів, варто захищувати до класу з високою сукупною адаптивною здатністю. При цьому слід зазначити, що більшість цих генотипів виділялись за врожайністю і селекційною цінністю. Особливо відзначилась лінія 24/90, передана на ДСВ під назвою Пам'яті Пацеки. Ця лінія – результат багаторазового індивідуального добору за продуктивністю з сорту Амур, що був створений селекціонером Дмитром Івановичем Пацекою (нині покійним).

При цьому треба мати на увазі, що така оцінка стосується тільки цього набору генотипів, і при його зміні порядок генотипів у рейтингу також зміниться. Те саме стосується і середовищ.

Однотипний добір на продуктивність і стабільність є спробою поєднання двох форм природного добору (рушійний і стабілізуючий). Остаточна оцінка селекційного матеріалу залежить від завдань адаптивної селекції [19, 20, 28]. Можливі такі її основні напрями: добір на САЗ генотипів у визначеному середовищі (при цьому існує небезпека збіднення генетичної основи загальної пристосованості і зменшення стабільності

Таблиця 5. Ранжування сортів і ліній тритикале озимого за показниками адаптивної здатності та екологічної стабільності ознаки «врожайність зерна» (2013–2017) рр.

Лінія, сорт	Середнє	ЗАЗ _{gi}	s ² (ГГЕ) _{gi}	s ² (САЗ) _{gi}	САЗ _{gi}	S _{gi}	СЦГ _i	ВСГ _i	l _i	Kg _i	b _i	S ^d _i	Сума рангів	Рейтинг
15/647 ЯТГ	6	6	6	2	2	2	23	23	11	2	2	23	108	3
1519/1893/2	10	10	23	18	18	19	4	6	1	18	14	7	148	11
18/1911/3	2	2	3	1	1	1	24	24	12	1	1	24	96	2
20/1998/4	22	22	17	14	14	13	18	12	9	14	12	11	178	21
21/70/2	18	18	18	7	7	5	19	20	7	7	4	18	148	15
23/554 ЯТГ	17	17	19	19	19	18	9	7	5	19	15	6	170	18
24/90 (Пам'яті Пацеки)	1	1	5	5	5	10	6	15	17	5	13	20	103	1
25/1905/1	8	8	15	8	8	7	12	18	8	8	5	17	122	5
27/169 Л48	9	9	14	24	24	24	1	1	24	24	21	2	177	16
28/1858/8	16	16	12	4	4	4	21	21	10	4	3	21	136	9
29/527 ЯТГ	14	14	11	22	22	21	3	4	22	22	22	3	180	19
30/96 Амур	3	3	16	21	21	22	2	3	16	21	19	4	151	10
337/1377/1	19	19	21	12	12	12	16	13	4	12	9	13	162	17
7/156 Л48	12	12	9	15	15	16	11	9	15	15	17	10	156	14
7/1912/1	4	4	7	6	6	6	15	19	13	6	7	19	112	4
731 Н1	21	21	20	16	16	14	17	11	6	16	11	9	178	20
731 Н2	23	23	8	23	23	23	7	2	23	23	24	1	203	24
8/1827/6 (МІП Фенікс)	5	5	22	17	17	17	5	8	2	17	10	8	133	6
АДМ11	24	24	10	13	13	9	20	16	14	13	16	12	184	23
Амур	13	13	1	3	3	3	22	22	20	3	20	22	145	12
Миролан	7	7	2	11	11	15	10	10	21	11	23	14	142	8
Обрій Миронівський	20	20	13	20	20	20	8	5	18	20	18	5	187	22
ЯТГ 596 (МІП Ятаган)	11	11	23	9	9	8	13	17	3	9	6	16	135	7
2855	15	15	3	10	10	11	14	14	19	10	8	15	144	13

генотипу); добір на ЗАЗ генотипів до ряду середовищ (проводиться за середнім значенням фенотипу в усіх середовищах та забезпечує максимальний приріст ознаки порівняно з добром у сприятливих чи несприятливих середовищах і середню чутливість до умов середовища, які не контролюються у процесі добору). Добір на ЗАЗ з урахуванням стабільності вимагає визначеного селекційного критерію, зокрема високого рейтингу, що дає можливість сполучити в генотипі продуктивність і стійкість до несприятливих факторів.

Якщо потрібно виокремити генотипи, що формують максимальну середню врожайність в усій сукупності середовищ, тоді критерієм добору будуть значення ЗАЗ (v_i). Проте очевидно, що добір на ЗАЗ ще не забезпечує вибір стабільного генотипу, що до речі видно на прикладі лінії 24/90, тому параметри стабільності також необхідно враховувати в селекційних програмах [20].

Визначення рейтингу адаптивності дає можливість виділити кращі за комплексом адаптивних властивостей лінії, однак потребує певних непростих розрахунків. Такі властивості можна встановити дещо спрощеною процедурою за допомогою визначення відхилень середніх значень кожного генотипу від усереднених максимальних і мінімальних значень. При цьому, впорядкувавши дані за зростанням урожайності, можна бачити кращі генотипи та їх стабільність (рис. 5).

Порівнюючи дані таблиці 5 і рисунка 5, можна зауважити, що більшість ліній, визначених як кращі за параметрами адаптивності: 24/90 (Пам'яті Падеки), 18/1911/31, 5/647 ЯТГ, 7/1912/1, 25/1905/1, 8/1827/6 (МПП Фенікс), 596 ЯТГ (МПП Ятаган), Миролан, 29/527 ЯТГ, 30/96, потрапляють у розряд кращих за врожайністю і стабільністю. Винятком стали лінії 28/1858/8 та 7/156/Л48 (рис. 5а).

Ще одне суттєве зауваження. Генотиповий коефіцієнт варіації, тобто коефіцієнт варіації між середніми значеннями врожайності за генотипами (рис. 5б), був найменшим у 2013/14 р., умови якого, за результатами аналізу згідно з [20, 33], визначались як стабілізуючий фон для добору, а всіх інших років – як аналізуючий фон. Порівнюючи це з даними таблиці 3, можна зазначити, що вони відображають загальну тенденцію. Тому для швидкої наближеної оцінки можна рекомендувати саме такий підхід.

З метою визначити залежність урожайності тритикале озимого та диференціюючої здатності середовища від гідротермічних умов у різні періоди вегетації було визначено лінійні коефіцієнти кореляції між урожайністю ($u+d_k$), диференціюючою здатністю середовища (ДЗС), відносною диференціюючою здатністю (S_{ek}) та сумою опадів, середньодобовою температурою повітря, сумою ефективних температур, відносною вологістю повітря, тривалістю окремих періодів та ГТК (табл. 6). Такий аналіз допомагає виявити критичні етапи, які впливають на формування врожайності тритикале озимого.

Урожайність тритикале озимого лімітувалась сумою опадів у періоди «сівба-сходи» ($r = +0,77$) і «кущіння-ЧПОВ» ($r = +0,94$). При цьому в період «сівба-сходи» встановлено сильний прямий позитивний зв'язок урожайності з часткою впливу фактора (сума опадів), рівною 59 %. За період «сходи-кущіння» також відмічений позитивний кореляційний зв'язок між сумою опадів і врожайністю, що зрозуміло, адже запорукою високого врожаю озимих культур дуже важливими є дружні сходи і нормальне кущіння з осені, що залежить від вологозабезпеченості. Це підтверджує тісна позитивна залежність між урожайністю та кількістю опадів осіннього ($r = +0,70$, $+0,94$) та зимового ($r = +0,54$) періодів.

У період «сходи-кущіння» відмічено від'ємний кореляційний зв'язок між урожайністю та середньодобовою температурою ($r = -0,41$). Коефіці-

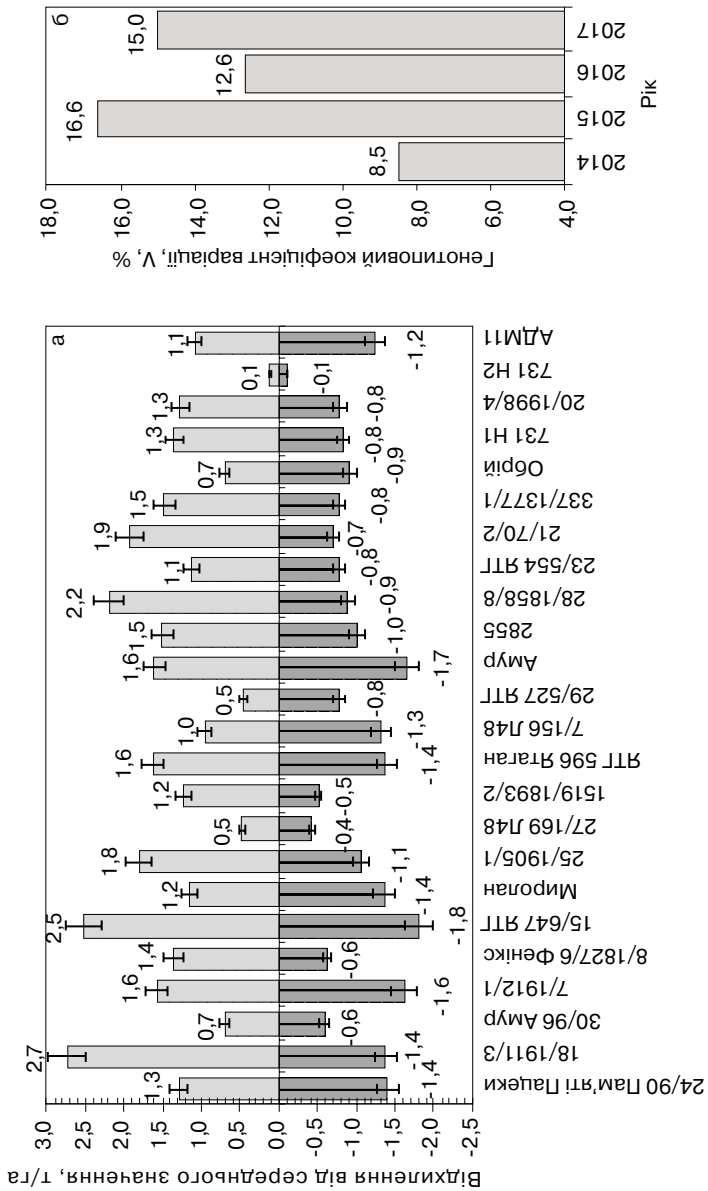


Рис. 5. Варіювання врожайності сортів і ліній тритикале озимого відносно її середнього значення за 2013–2017 рр. (а) та генотиповий коефіцієнт варіації за цими роками (б)

Таблиця 6. Коефіцієнти лінійних кореляцій між урожайністю ($u+d_k$), ДЗС, S_{ek} і волого-температурними умовами періодів вегетації тритикале озимого та їх статистична значущість (2013–2017 рр.)

Період вегетації	Параметр	Опади	Середньодобова температура	Сума ефективних температур	Відносна вологість	Тривалість окремих періодів	ГТК
Сівба-сходи	$u+d_k$	0,77*	0,83*	0,85*	0,72*	-0,25	0,73*
	ДЗС	0,91*	0,67*	0,99*	0,94*	0,10	0,93*
	S_{ek}	0,88*	0,55*	0,97*	0,94*	0,23	0,92*
Сходи-кущіння	$u+d_k$	0,70*	-0,41*	-0,56*	0,48*	-0,45*	0,70*
	ДЗС	0,68*	-0,27	-0,42*	0,76*	-0,85*	0,68*
	S_{ek}	0,60*	-0,19	-0,32	0,80*	-0,93*	0,61*
Кущіння-ЧПОВ	$u+d_k$	0,94*	-0,22	0,22	0,20	0,85*	0,18
	ДЗС	0,70*	-0,40*	-0,30	0,08	0,42*	0,48*
	S_{ek}	0,53*	-0,44*	-0,49*	0,02	0,21	0,56*
ЧПОВ-ЧВВВ	$u+d_k$	0,54*	-0,08	0,08	-0,03	-0,84*	
	ДЗС	0,91*	0,06	0,50*	0,03	-0,48*	
	S_{ek}	0,97*	0,11	0,63*	0,06	-0,29	
ЧВВВ-колосіння	$u+d_k$	0,21	-0,70*	-0,29	-0,93*	0,46*	0,25
	ДЗС	-0,24	-0,98*	-0,47*	-0,58*	0,56*	-0,13
	S_{ek}	-0,40*	-0,99*	-0,50*	-0,38	0,55*	-0,27
Колосіння-воскова стиглість	$u+d_k$	0,27	-0,97*	-0,67*	0,68*	0,07	0,41*
	ДЗС	0,35	-0,67*	-0,88*	0,27	0,46*	0,53*
	S_{ek}	0,35	-0,48*	-0,88*	0,07	0,58*	0,54*
Воскова стиглість-збирання	$u+d_k$	-0,36	0,90*	0,92*	0,04	-0,31	-0,46*
	ДЗС	-0,77*	0,67*	0,69*	-0,28	-0,78*	-0,84*
	S_{ek}	-0,87*	0,51*	0,54*	-0,38	-0,90*	-0,92*
Сходи-колосіння	$u+d_k$	0,80*	-0,31	-0,34	0,01	-0,05	0,83*
	ДЗС	0,65*	-0,35	-0,79*	-0,37	-0,23	0,89*
	S_{ek}	0,54*	-0,33	-0,90*	-0,49*	-0,28	0,84*
Сівба-збирання	$u+d_k$	0,21	-0,02	0,10	-0,10	-0,49*	0,46*
	ДЗС	-0,23	-0,10	-0,43*	-0,62*	-0,76*	0,16
	S_{ek}	-0,39	-0,12	-0,60*	-0,77*	-0,80*	0,02

Примітка. * – кореляції вірогідні при $p < 0,05$.

енти кореляції свідчать, що врожайність тритикале озимого має зворотну залежність від температури за винятком двох періодів – «сівба-сходи» ($r = +0,83$) та «воскова стиглість-збирання» ($r = +0,90$).

Середньодобова температура повітря не може дати повного уявлення про вплив температурного фактора, однак, враховуючи загальну тенден-

цію до потепління клімату і коливання температури навіть у межах доби, можна дійти висновку про значний внесок цього фактора у формування врожайності.

Урожайність залежала від суми ефективних температур періоду «сівба-сходи» ($r = +0,85$) та періоду «воскова стиглість-збирання» ($r = +0,92$). Позитивні кореляції відмічено також у періоди «кущіння-ЧПОВ» та «ЧПОВ-ЧВВВ», а в інші періоди виявлено негативні кореляції.

Тривалість вегетаційного періоду (ТВП) значною мірою визначає не тільки рівень урожайності сорту, але і його стійкість до посухи, хвороб та інших стресових чинників [42]. Відома загальнобіологічна закономірність: із збільшенням ТВП за сприятливих умов підвищується потенційна продуктивність генотипів.

Негативний кореляційний зв'язок встановлено між урожайністю і тривалістю періодів «сівба-сходи» ($r = -0,72$), «сходи-кущіння» ($r = -0,42$), «ЧПОВ-ЧВВВ» ($r = -0,84$) і «воскова стиглість-збирання» ($-0,31$), а вірогідний позитивний – у періоди «кущіння-ЧПОВ» ($r = +0,85$) та «ЧВВВ-колосіння» ($r = +0,46$).

ГТК у більшості випадків позитивно корелював з урожайністю, окрім періоду «воскова стиглість-збирання». У цілому за період «сходи-колосіння» коефіцієнти кореляції врожайності, ДЗС, Se_k з цим показником були в межах $r = +0,83 \div +0,89$ ($p < 0,01$). В інші періоди також відмічено позитивні кореляції, за винятком періодів «ЧВВВ-колосіння» та «воскова стиглість-збирання».

Показники ДЗС і Se_k мали позитивну кореляцію з сумою опадів за періодами (за винятком «ЧВВВ-колосіння» і «воскова стиглість-збирання»). Негативні кореляції цих показників із середньодобовою температурою повітря відмічено майже по всіх періодах, за винятком періодів «сівба-сходи» та «воскова стиглість-збирання». Теж саме виявлено для суми ефективних температур. Відносна вологість повітря позитивно корелювала з цими показниками тільки у періоди «сівба-сходи» і «сходи-кущіння» ($+0,75 \div +0,94$).

Між тривалістю окремих періодів вегетації, ДЗС і Se_k встановлено вірогідні негативні кореляції для періодів «сходи-кущіння», «ЧПОВ-ЧВВВ» та «воскова стиглість-збирання» і в цілому за період «сівба-збирання». На рівні тенденції – за період «сходи-колосіння».

Характеризуючи окремі періоди вегетації років досліджень, можна сказати, що найбільш критичними для формування врожайності були гідротермічні умови періодів «сходи-кущіння», «кущіння-ЧПОВ» та «ЧВВВ-колосіння». Для формування диференціюючої здатності середовищ критичними були ті ж самі періоди, а також «воскова стиглість-збирання».

Висновки. Методом дисперсійного аналізу визначено особливості впливу факторів «генотип», «екологічний градієнт» (або умови років дослідження) та їх взаємодії на формування продуктивності тритикале озимого. При цьому визначальним був екоградієнт, частка впливу якого становила 35,4 %. Вплив взаємодії факторів «генотип × середовище» також був значним (39,3 %). Таким чином, підвищення врожайності та її стабільності можливе за умови використання високопродуктивних адаптивних сортів.

Встановлено особливості умов року випробування як фону для оцінки генотипів. Аналіз середовищ свідчить, що в даному досліді було два типи фонів: аналізуючий (2014/15 р. та 2015/16 р.) і стабілізуючий (2013/14 р.). Рік 2016/17 був специфічним за гідротермічними умовами.

Встановлено як від'ємні, так і додатні кореляції між урожайністю, ДЗС, Se_k та параметрами гідротермічних умов. За досліджувані роки найбільш критичними для формування врожайності були гідротермічні умови періодів «сходи-кущіння», «кущіння-ЧПОВ» та «ЧВВВ-колосіння», для формування диференціюючої здатності середовищ – ті ж самі періоди, а також період «воскова стиглість-збирання».

Виділено сорти і лінії тритикале озимого з високою загальною і специфічною адаптивною здатністю за продуктивністю, що є найбільш цінним вихідним матеріалом для подальшої селекції: лінії 24/90 (Пам'яті Пацеки), 18/1911/3, 30/96 (Амур), 7/1912/1. За стресових погодних умов 2017 р. виокремлено жаро-, посухостійкі генотипи: 8/1827/6 (МПП Фенікс), 15/647 ЯТГ та Миролан.

Список використаних джерел

1. Пома Н. Г. Тритикале на подъеме во всем мире. А у нас? *Поле Августа*. 2008. № 8. С. 7. URL: <http://www.avgust.com/newspaper/topics/detail.php?ID=1879>
2. FAOSTAT, FAO statistical databases – agriculture. URL: <http://www.apps.fao.org>
3. Білітюк А. П., Гірко В. С., Каленська С. М., Андрушків М. І. Тритикале в Україні /за ред. А. П. Білітюка. Київ : [б. в.], 2004. 376 с.
4. Гриб С. И., Булавина Т. М., Буштевич В. Н., Хатетовский Ю. Ф. Тритикале – ценная зернофуражная культура. *Вестник семеноводства в СНГ*. 2009. № 1. С. 17–19.
5. Щипак Г. В., Петрова А. П., Шевченко Е. Н., Щипак В. Г. Результаты селекции озимой тритикале на урожайность, зимостойкость и качество зерна. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2010. Вип. 9. С. 179–189.
6. Кукреш Л. В. Потенциал растениеводства в Беларуси и его реализация. *Весці нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук*. 2008. № 3. С. 34–39.
7. Грабовец А. И., Фоменко М. А. Создание и внедрение сортов пшеницы и тритикале с широкой экологической адаптацией. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2013. № 2 (6). С. 41–47.
8. Литвиненко М. А. Удосконалення програми селекції сортів озимої м'якої пшениці універсального типу для умов півдня України у зв'язку зі змінами клімату. *Зб. наук. праць СГП-НЦНС*. 2010. Вип. 16 (56). С. 9–22.
9. Жученко А. А. Настоящее и будущее адаптивной системы селекции и семеноводства растений на основе идентификации и систематизации их генетических ресурсов. *Сельскохозяйственная биология*. 2012. № 5. С. 3–19.

10. Гриб С. И. Адаптивная интенсификация – стратегический путь развития земледелия и растениеводства в XXI веке. *Актуальные проблемы адаптивной интенсификации земледелия на рубеже столетий*: материалы научно-практической конференции (Щучин, 16 июня 2010 г.). Минск : Хата, 2010. С. 12–18.
11. Одум Ю. Основы экологии / пер. с англ. Н. П. Наумова. Москва : Мир, 1975. 740 с.
12. Вавилов Н. И. Избранные труды. Москва : Наука, 1965. Т. 5. 786 с.
13. Ацци Дж. Сельскохозяйственная экология / пер. с англ. Н. А. Емельяновой и др. Москва : Издательство иностранной литературы, 1959. 480 с.
14. Москалец В. В., Москалец Т. З., Князюк О. В., Голунова Л. А. Загальна екологія. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 160 с.
15. Кучерявий В. П. Екологія. Львів : Світ, 2001. 499 с.
16. Hao M., Luo J., Zhang L., Yuan Z., Yang Y., Wu M., Zheng Y., Liu. D. Production of hexaploid triticale by a synthetic hexaploid wheat-rye hybrid method. *Euphytica*. 2013. Vol. 193, No. 3. P. 347–357. doi: 10.1007/s10681-013-0930-2
17. Грабовец А. И. Методы и результаты селекции озимой тритикале на Дону. *Тритикале* : материалы Международной научно-практической конференции (Ростов-на-Дону, 15–17 марта 2010 г.). Ростов-на-Дону : [б. и.], 2010. С. 66–74.
18. Москалец В. В., Писаренко П. В., Москалец В. И. Влияние агроэкологических факторов на фенотипическое проявление хозяйственно-ценных признаков экотипов тритикале озимого. *Вестник Курганской ГСХА*. 2013. № 1. С. 15–20.
19. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Генотип и среда в селекции растений. Минск : Наука и техника, 1989. 235 с.
20. Кильчевский А. В. Генетико-экологические основы селекции растений. *Вестник ВОГиС*. 2005. Т. 9, № 4. С. 518–524.
21. Жученко А. А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика : В 3-х т. Т. 1. Москва : Агрорус, 2008. 814 с.
22. Жученко А. А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы). Кишинев : Штиинца, 1988. 767 с.
23. Goyal A., Beres B. L., Randhaw H. S., Navab A., Salmo D. F., Eudes F. Yield stability analysis of broadly adaptive triticale germplasm in southern and central Alberta, Canada for industrial end-use suitability. *Can. J. Plant Sci.* 2011. Vol. 91. P. 125–135. doi:10.4141/CJPS10063
24. Літун П. П., Кириченко В. В., Петренкова В. П., Коломацька В. П. Системний аналіз в селекції польових культур : навчальний посібник. Харків : Магда LTD, 2009. 354 с.
25. Стариченко В. М. Порівняльна оцінка передбачуваних і непередбачуваних середовищ як фонів для добору на адаптивну здатність. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2014. № 3. С. 67–71.
26. Константинова О. Б., Кондратенко Е. П. Экологическая пластичность и стабильность новых сортов озимого тритикале. *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2015. № 3. С. 13–18.
27. Гудзь К. В., Лавриненко Ю. А. Теория и практика адаптивной селекции кукурузы. Херсон : Борисфен-полиграфсервис, 1997. 169 с.
28. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Экологическая селекция растений. Минск : Техналогія, 1997. 372 с.
29. Грабовец А. И., Крохмаль А. В. Итоги и особенности селекции тритикале в условиях нарастания аридности климата. *Тритикале России* : материалы заседания секции тритикале РАСХН. Ростов на-Дону : [б. и.], 2008. Вып. 3. С. 18–29.
30. Методика державного випробування сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина / заред. В. В. Волкодава. Київ : Алефа, 2003. Вип. 1, ч. 3. 106 с.
31. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале : Метод. указания ВИР / под ред. А. Ф. Мережко. Санкт-Петербург : [б. и.], 1997. 61 с.

32. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
33. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. Сообщение 1. Обоснование метода. *Генетика*. 1985. Т. 21, № 9. С. 1481–1490.
34. Finlay K. W., Wilkinson G. N. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Aust. J. Agric. Res.* 1963. Vol. 14, No. 6. P. 742–754.
35. Eberhart S. A., Russel W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 1966. Vol. 6, No. 1–2. P. 36–40.
36. Мединець В. Д. Практичні здобутки теорії екологічного ефекту ЧВВВ у селекції пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2009. № 2. С. 149–152.
37. Клімат України / за ред. В. М. Липінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. Київ : Видавництво Раєвського, 2003. 343 с.
38. Macholdt J., Honermeier B. Impact of climate change on cultivar Choice: adaptation strategies of farmers and advisors in German cereal production. *Agronomy*. 2016. Vol. 6, Iss. 3. 14 p. doi: 10.3390/agronomy6030040. URL: <http://www.mdpi.com/journal/agronomy>
39. Хангильдин В. В. Генетико-селекционное обоснование моделей сортов яровой пшеницы и гороха для Поволжско-Уральского региона. *Вопросы генетики и селекции на Урале и в Зауралье*. Свердловск : УНЦ АН СССР, 1979. С. 83–85.
40. Синская Е. Н. Проблема популяций у высших растений. Ленинград: Сельхозиздат, 1963. 124 с.
41. Власенко В. А. Оцінка адаптивності сортів пшениці м'якої ярої. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2006. № 4. С. 93–103.
42. Кириченко Ф. Г., Нефедов А. В., Литвиненко Н. А. Роль селекции в повышении потенциала продуктивности и улучшении других признаков и свойств озимой пшеницы в степи УССР. *Селекция пшеницы на юге Украины*. Одесса : [б. и.], 1980. С. 10–18.

References

1. Poma, N. G. (2008). Triticale is on the rise all over the world. And what is our? *Pole Avgusta* [Field in August], 8. Retrieved from <http://www.avgust.com/newspaper/topics/detail.php?ID=1879> [in Russian]
2. FAOSTAT, *FAO statistical databases – agriculture*. Retrieved from <http://apps.fao.org>
3. Bilitiuk, A. P., Hirko, V. S., Kalenska, S. M., & Andrushkiv, M. I. (2004). *Trytykale v Ukraini* [Triticale in Ukraine]. Kyiv: [N.p.]. [in Ukrainian]
4. Grib, S. I., Bulavina, T. M., Bushtevich, V. N., & Khatetovskiy, Yu. F. (2009). Triticale is a valuable grain-forage crop. *Vestnik semenovodstva v SNG* [Bulletin of Seed Growing in the CIS], 1, 17–19. [in Russian]
5. Shchipak, G. V., Petrova, A. P., Shevchenko, Ye. N., & Shchipak, V. G. (2010). Results of winter triticale breeding for yield, winter hardiness and grain quality]. *Visnyk Tsentru naukovooho zabezpechennia APV Kharkivskoi oblasti* [Bulletin of the Center for Science Provision of Agribusiness in the Kharkiv Region], 9, 179–189. [in Russian]
6. Kukresh, L. V. (2008). Potential of plant growing in Belarus and its implementation. *Vestsi natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk* [Bulletin of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of Agrarian Sciences], 3, 34–39. [in Russian]
7. Grabovets, A. I., & Fomenko, M. A. (2013). Release and introduction of varieties of wheat and triticale with wide ecological adaptation. *Zernobobovyye i krupyanyye kul'tury* [Leguminous and Cereal Crops], 2, 41–47. [in Russian]

8. Lytvynenko, M. A. (2010). Improvement of the breeding program of winter bread wheat varieties of universal type for conditions of the South of Ukraine in connection with climate changes. *Zbirnyk naukovykh prats SHI-NTsNS* [Collected Scientific Works of the Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation of UAAS], 16, 9–22. [in Ukrainian]
9. Zhuchenko, A. A. (2012). Present and future of adaptive selection and seed breeding based on identification and systematization of plant genetic resources. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 5, 3–19. [in Russian]
10. Grib, S. I. (2000). Adaptive intensification is a strategic way of development of agriculture and plant growing in the 21-st century. In *Aktual'nyye problemy adaptivnoy intensivifikatsii zemledeliya na rubezhe stoletiy: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Actual Problems of Adaptive Intensification of Agriculture: Proc. Applied Research Conf.] (pp. 12–18). June 16, 2000, Shchuchin, Belarus. [in Russian]
11. Odum, Eugene P. (1975). *Osnovy ekologii* [Fundamentals of Ecology]. (N. P. Naumov Trans.). Moscow: Mir. [in Russian]
12. Vavilov, N. I. (1965). *Izbrannyye trudy* [Selected Works]. Vol. 5. Moscow: Nauka. [in Russian]
13. Azzi, G. (1959). *Sel'skokhozyaistvennaya ekologiya* [Agricultural Ecology]. (N. A. Yemelyanova et al., Trans). Moscow: Izdatel'stvo inostrannoy literatury. [in Russian]
14. Moskalets, V. V., Moskalets, T. Z., Kniazziuk, O. V., & Holunova, L. A. (2015). *Zahalna ekolohiia* [General Ecology]. Vinnytsia: „Nilan LTD“. [in Ukrainian]
15. Kucheriavyi, V. P. (2001). *Ekolohiia* [Ecology]. Lviv: Svit. [in Ukrainian]
16. Hao, M., Luo, J., Zhang, L., Yuan, Z., Yang, Y., Wu, M., Zheng, Y., & Liu, D. (2013). Production of hexaploid triticale by a synthetic hexaploid wheat-rye hybrid method. *Euphytica*, 193(3), 347–357. doi: 10.1007/s10681-013-0930-2
17. Grabovets, A. I. (2010). Methods and results of winter triticale breeding on the Don. In *Tritikale: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Triticale: Proc. Int. Applied Research Conf.] (pp. 66–74). March 15–17, Rostov-on-Don, Russia. [in Russian]
18. Moskalets, V. V., Pisarenko, P. V., & Moskalets, V. I. (2013). Influence of agroecological factors on phenotype manifestation of economic and valuable signs of winter triticale ecotypes. *Vestnik Kurganskoy GSA* [Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy], 1, 15–20. [in Russian]
19. Kil'chevskiy, A. V., & Khotyleva, L. V. (1989). *Genotip i sreda v selektsii rasteniy* [Genotype and Environment in Plant Breeding]. Minsk: Nauka i tekhnika. [in Russian]
20. Kil'chevskiy, A. V. (2005). Genetic and ecological bases of plant breeding. *Vestnik VOGiS* [Bulletin of the Vavilov Society of Geneticists and Breeders], 9(4), 518–524. [in Russian]
21. Zhuchenko, A. A. (2008). *Adaptivnoye rasteniyevodstvo (ekologo-geneticheskiye osnovy). Teoriya i praktika* [Adaptive Plant Growing (Ecological and Genetic Bases). Theory and Practice]. (Vol. 1). Moscow: Agrorus. [in Russian]
22. Zhuchenko, A. A. (1989). *Adaptivnyy potentsial kul'turnykh rasteniy (ekologo-geneticheskiye osnovy)* [Adaptive Potential of Cultivated Plants (Ecological and Genetic Bases)]. Chisinau: Stiinta. [in Russian]
23. Goyal, A., Beres, B. L., Randhawa, H. S., Navab, A., Salmo, D. F., & Eudes, F. (2011). Yield stability analysis of broadly adaptive triticale germplasm in southern and central Alberta, Canada for industrial end-use suitability. *Can. J. Plant Sci.*, 91, 125–135. doi: 10.4141/CJPS10063
24. Litun, P. P., Kyrychenko, V. V., Petrenkova, V. P., & Kolomatska, V. P. (2009). *Systemnyi analiz v selektsii polovnykh kultur. Navchalnyi posibnyk* [Systemic Analysis in Breeding Field Crops. Handbook]. Kharkiv: N.p. [in Ukrainian]
25. Starychenko, V. M. (2014). Comparative evaluation of predictable and unpredictable environments as backgrounds for selection to adaptive ability. *Plant Varieties Studying and Protection*, 3, 67–71. [in Ukrainian]

26. Konstantinova, O. B., & Kondratenko, E. P. (2015). Environmental plasticity and resistance of winter triticale new varieties. *Vestnik NGAU* [Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)], 3, 13–18. [in Russian]
27. Gud'z', K. V., & Lavrinenko, Yu. A. (1997). *Teoriya i praktika adaptivnoy selektsii kukuruzy* [Theory and Practice of Adaptive Corn Breeding]. Kherson: Borisfen-poligraphservis. [in Russian]
28. Kil'chevskiy, A. V., & Khotyleva, L. V. (1997). *Ekologicheskaya selektsiya rasteniy* [Ecological Plant Breeding]. Minsk: Tekhnologiya. [in Russian]
29. Grabovets, A. I., & Krokhmal', A. V. (2008). Results and features of triticale breeding under conditions of growing climate aridity. In *Tritikale Rossii: materialy zasedaniya sekcii tritikale RASKhN* [Triticale of Russia: materials of the triticale section meeting of the Russian Academy of Agricultural Sciences], 3, 18–29. [in Russian]
30. Volkodav, V. V. (Ed.). (2003). *Metodyka derzhavnoho vyprobuvannia sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Zahalna chastyna* [Methods of State Strain Testing of Crops Suitable for Dissemination in Ukraine. General Part]. Kyiv: N.p. [in Ukrainian]
31. Merezko, A. F. (Ed.). (1997). *Popolneniye, sokhraneniye v zhivom vide i izucheniye mirovoy kolleksii pshenitsy, egilopsa i tritikale. Metodicheskiye ukazaniya VIR* [Replenishment, Preservation *in vivo* and Study of the Worldwide Collection of Wheat, *Aegilops* and Triticale. Methodical instructions of VIR]. St. Petersburg. [in Russian]
32. Dospekhov, B. A. (1985). *Metodika 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.). Moscow: Agropromizdat. [in Russian]
33. Kil'chevskiy, A. V., & Khotyleva, L. V. (1985). Method for assessing the adaptive ability and stability of genotypes, the differentiating ability of environment. Communication 1. Justification of the method]. *Genetika* [Genetics], 21(9), 1481–1490. [in Russian]
34. Finlay, K. W., & Wilkinson, G. N. (1963). The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Aust. J. Agric. Res.*, 14, 742–754.
35. Eberhart, S. A., & Russel, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.*, 6(1–2), 36–40.
36. Medynets, V. D. (2009). Practical achievements of the theory of ecological effect of term of spring vegetation resumption in winter wheat breeding. *Visnyk Poltavskoi DAA* [Bulletin of Poltava SAA], 2, 149–152. [in Ukrainian]
37. Lipinskiy, V. M., Diachuk, V. A., & Babichenko, V. M. (Eds.). (2003). *Klimat Ukrainy* [The Climate of Ukraine]. Kyiv: Vydavnytstvo Raievsko. [in Ukrainian]
38. Macholdt, J., & Honermeier, B. (2016). Impact of climate change on cultivar choice: adaptation strategies of farmers and advisors in German cereal production. *Agronomy*, 6(3). doi: 10.3390/agronomy6030040. Retrieved from <http://www.mdpi.com/journal/agronomy>
39. Khangil'din, V. V. (1979). Genetic and breeding substantiation of models of spring wheat and pea varieties for the Volga-Urals region. In *Voprosy genetiki i selektsii na Urale i v Zaural'ye* [Issues of genetics and breeding in the Urals and the Trans-Urals] (pp. 83–85). Sverdlovsk: UNTs AN SSSR. [in Russian]
40. Sinskaya, Ye. N. (1963). *Problema populyatsiy u vysshykh rasteniy* [The Problem of Populations in Higher Plants]. Leningrad: Sel'khozizdat. [in Russian]
41. Vlasenko, V. A. (2006). Evaluation of adaptability of bread spring wheat varieties. *Plant Varieties Studying and Protection*, 4, 93–103. [in Ukrainian]
42. Kirichenko, F. G., Nefedov, A. V., & Litvinenko, N. A. (1980). The role of breeding in increase of productivity potential and improvement of other traits and properties of winter wheat in the Steppes of the Ukrainian SSR. In *Selektsiya pshenitsy na yuge Ukrainy* [Wheat Breeding in the South of Ukraine] (pp. 10–18). Odessa: N.p. [in Russian]

Екологічна оцінка перспективних ліній тритикале озимого

Волощук С. И., кандидат сільськогосподарських наук
Харченко М. В., кандидат сільськогосподарських наук

*Міроновський інститут пшениці імені В. Н. Ремесло НААН
Україна, 08853, с. Центральне, Міроновський район Київської обл.
e-mail: volsi@ukr.net*

Цель. Провести сравнительную экологическую оценку линий тритикале озимого по урожайности и параметрам адаптивности к погодным условиям Лесостепи Украины. **Методы.** В течение 2013–2017 гг. анализировали урожайность 40 линий тритикале озимого конкурсного испытания Мироновского института пшеницы. Наблюдения и оценки в полевых условиях проводили в соответствии с методикой государственного испытания сортов (2003) и методическими указаниями ВИР (1997), статистическую обработку данных урожайности – по Б. А. Доспехову. Для оценки параметров сред и адаптивной способности и стабильности генотипов использована методика А. В. Кильчевского, Л. В. Хотылёвой. **Результаты.** Установлены параметры среды и показатели урожайности и адаптивности. За годы исследований выделены 24 лучшие по урожайности зерна линии. Показатель общей адаптационной способности генотипа варьировал от -1,13 до +1,57 т/га и самым высоким был у линии 24/90 (Пам'яті Пацєки). Наиболее чувствительными к изменению экологических условий оказались линии 18/1911/3, 15/647 ЯТГ (ячменно-тритикальный гибрид), 28/1858/8, 21/70/2, а наименее – 731 Н2, 27/169 Л48, 29/527 ЯТГ, 8/1827/6 (МІП Фенікс) и сорт Миролан. Однако у них наблюдался нелинейный ответ на изменение условий среды. Средними по стабильности были линии 1519/1893/2, 20/1998/4, 23/554 ЯТГ, 24/90 (Пам'яті Пацєки). **Выводы.** Определены особенности влияния факторов и их взаимодействия на формирование урожайности тритикале озимого. Определяющим был экологический градиент, доля влияния которого составила 35,4 %. Влияние взаимодействия факторов «генотип × среда» также было значительным (39,3 %). Установлены особенности условий года испытания как фона для оценки генотипов. За период исследований (2013–2017 гг.) были выявлены два типа фона: анализирующий и стабилизирующий. Установлены как отрицательные, так и положительные корреляции между урожайностью, дифференцирующей способностью среды, относительной дифференцирующей способностью и параметрами гидротермических условий. За годы исследований наиболее критическими для формирования урожайности были гидротермические условия в периоды «всходы – кущение», «кущение – время прекращения осенней вегетации» и «время возобновления весенней вегетации – колошение», для формирования дифференцирующей способности среды, – условия в те же периоды, а также в период «восковая спелость-уборка». Выделены сорта и линии с высокой общей и специфической адаптивной способностью как наиболее ценный исходный материал для селекции.

Ключевые слова: тритикале озимое, экологическая стабильность, адаптивность, урожайность, перспективные линии, сорта

Environmental evaluation of winter triticale prospective lines

Voloshchuk S. I., Candidate of Agricultural Sciences

Kharchenko M. V., Candidate of Agricultural Sciences

The V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS

Tsentralne village, Myronivka district, Kyiv region, 08853, Ukraine

e-mail: volsi@ukr.net

Purpose. To carry out comparative ecological evaluation of winter triticale lines for yield and parameters of adaptivity to weather conditions in the Forest-Steppe of Ukraine.

Methods. During 2013-2017, there were analyzed the yield of 40 winter triticale lines in competitive testing at the Myronivka Institute of Wheat. Observations and assessments in the field were carried out in accordance with the methodology of the State testing of varieties (2003) and methodical instructions of the VIR (1997), statistical processing of yield data was conducted according to B. A. Dospekhov. To assess the parameters of environments and adaptive ability and stability of genotypes, the technique of A. V. Kil'chevskiy and L. V. Khotyleva was used.

Results. Environmental parameters, yield and adaptivity indices were determined. During the years of the research, 24 the best by grain yield lines were identified. General adaptive ability ranged from -1.13 to +1.57 t/ha and it was the highest in the line 24/90 (Pamiati Patseky). The lines 18/1911/3, 15/647 BTH (barley-triticale hybrid), 28/1858/8, 21/70/2 were the most sensitive to changes in ecological conditions, whereas the lines 731 H2, 27/169 L48, 29/527 BTH, 8/1827/6 (MIP Feniks) and the variety Myrolan were the least. However, they demonstrated nonlinear response to change in environmental conditions. The lines 1519/1893/2, 20/1998/4, 23/554 BTH, 24/90 (Pamiati Patseky) were found to be middle-stable in grain yield.

Conclusions. Specific features of the influence of some factors and their interaction on the formation of winter triticale productivity were determined. The ecological gradient was the determining one, with the part of influence being 35.4 %. The influence of interaction of factors «genotype × environment» was also significant (39.3%). Specific features of the year conditions as a background for evaluating genotypes were established. During the period of the research (2013-2017), two types of background were found: analyzing and stabilizing ones. Both negative and positive correlations have been revealed between yield, differentiating ability of environment, relative differentiating ability and parameters of hydrothermal conditions. During the years of the research, hydrothermal conditions in the periods "sowing-tillering", "tillering - autumn vegetation dormancy onset date" and "spring vegetation recovery date - heading" were the most critical for the formation of yield, whereas the conditions in the same periods as well as in the period "wax ripeness-harvesting" were the most critical for the formation of differentiating ability of environment. Varieties and lines with high general and specific adaptability have been identified as the most valuable source material for breeding.

Key words: *winter triticale, ecological stability, adaptability, yield, perspective lines, varieties*