

ОЦІНКА ЗАГАЛЬНОЇ КОМБІНАЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ СТВОРЕНИХ ІНБРЕДНИХ ЛІНІЙ ЖИТА ОЗИМОГО

Я. С. РЯБОВОЛ, доктор сільськогосподарських наук

С. І. СЛІДЕНКО, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)

Уманський національний університет

Проаналізовано колекцію вихідних зразків жита озимого і визначено загальну комбінаційну здатність за показниками врожайності та вмісту білка в зерні. Виділено кращі морфотипи для селекційних програм, створення сортів-синтетиків і гібридів F₁ у жита озимого в умовах Правобережного Лісостепу України. З апробованих матеріалів відібрано п'ять ліній, зокрема, 1714-1, 1719-3, 1731-9, 1742-5, 1744-2, зі стабільно високою ЗКЗ. За участі цих зразків відібрано низку перспективних комбінацій схрещування та проаналізовано створені тест-кросні гібриди за основними показниками продуктивності. За урожайністю, на рівні 7,4 і 7,7 т/га, виділено кращі комбінації схрещувань 1625-6 × 1731-9 та 1625-6 × 1742-5.

Ключові слова: *жито озиме, зразки, загальна комбінаційна здатність, вихідний матеріал, гібриди F₁, лінія, продуктивність*

Постановка проблеми. Пріоритетним напрямком селекції жита є створення і впровадження у виробництво АПК нових високопродуктивних, з широким рівнем гомеостазу, екологопластичних, резистентних до основних хвороб сортів-синтетиків і гібридів культури. Однією з найважливіших переваг гібридного матеріалу є його висока врожайність, що досягається завдяки гетерозисному ефекту [1, 2]. В селекції жита використовують періодичний відбір з метою збільшення частки кращих генотипів, одержаних за селекції ліній, збільшивши концентрацію окремих генів у геном колекційного матеріалу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Стандартний метод створення чистих ліній жита, а відповідно на їх основі синтетичних сортів і гібридів, різко обмежує можливість отримання зразків з низкою господарсько-цінних ознак. На це впливають несприятливі чинники:

- високий ступінь інбридингу, за якого гетерозиготність з кожним поколінням зменшується вдвічі;
- незначні розміри популяцій, що пов'язано з обмеженням площі та часу;
- зчеплення генів.

Розрізняють чотири типи періодичного добору, зокрема, за фенотипом, на загальну комбінаційну здатність, на специфічну комбінаційну здатність і реципрокний періодичний добір. Незалежно один від одного, усі системи періодичного добору носять циклічний характер. У кожному циклі проводять

оцінку відібраних форм та їх самозапилення і схрещування нащадків кращих самозаплених рослин у різних комбінаціях.

Вдалий добір батьківських форм жита озимого за гетерозисної селекції проводиться на основі перевірки комбінаційної здатності вихідного матеріалу, який має бути використано для отримання гібридів, тобто шляхом гібридизації визначених сортів або ліній і випробування їх потомства [3]. Оцінка вихідного матеріалу за комбінаційною здатністю має важливе значення у гібридів, оскільки ця ознака визначає величину гетерозису [4].

Загальна комбінаційна здатність (ЗКЗ) – показник вихідного матеріалу, що характеризує здатність генотипу формувати середній рівень гетерозису у гібридів F_1 за схрещування з низкою інших зразків. Аналіз комбінаційної здатності (КЗ) самозаплених ліній починається з третього-четвертого інбредного покоління. Рівнем ЗКЗ інбредних ліній керуються, зокрема, за створення сортів-синтетиків.

Уявлення про генетику загальної комбінаційної здатності може бути доповнено даними про наявність у ліній з високою комбінаційною здатністю за комплексом цінних спадкових чинників за продуктивністю, інших ознак, що мають негативні ефекти. За використання в комбінаціях схрещування зразків з високим показником за ознакою, нівелюється дія негативного чинника за гетерозиготності матеріалу і повністю реалізується потенційно можлива продуктивність [5, 6].

Вчені вважають, що в селекції батьківських форм доцільнішим є використання загальної комбінаційної здатності [7, 8]. За селекції материнських форм, ЗКЗ не завжди визначає рівень гетерозису в конкретних комбінаціях, а результат істотно залежить від специфічної взаємодії батьківських компонентів. Комбінаційну здатність окремої лінії неможливо оцінювати візуально або непрямыми методами адже ефекти її варіювання залежать від добору пар гібридизації, тобто комбінаційна здатність лінії для кожної пари визначається в конкретному схрещуванні. Існує єдиний спосіб перевірки ліній на КЗ – це схрещування з наступним оцінюванням F_1 , зазвичай, впродовж трьох років у кількох географічних зонах вирощування за єдиною технологією і методикою випробування.

Для визначення ЗКЗ необхідно проводити контрольні схрещування конкретної форми з відповідним тестером. За тестер використовують лінії, сорти-популяції або прості гібриди [3, 9]. Добір окремого тестера для оцінки комбінаційної здатності селекційного матеріалу здійснюється за певних систем схрещувань. Вченими встановлено, що вибір тестера визначається конкретним завданням селекції [10]. Для визначення ЗКЗ слід використовувати тестери з широкою генетичною основою, а для СКЗ – з вузькою. На думку Horner E. та ін., при доборі форм з високою ЗКЗ, ефективним є використання тестерів віддалених за своїм походженням [11]. Макаруч О., Жемойда В. пропонують добирати тестери з неспоріднених гібридів, у родовід яких введено генетичний матеріал вихідних форм різного еколого-географічного походження [12]. Різні системи передбачають різноманітні методи перевірки комбінаційної здатності.

Основними є вільне запилення, полікрос, топкрос і система діалельних схрещувань [3].

Метою досліджень було оцінювання селекційної цінності створених ліній жита озимого за аналізу ефектів загальної комбінаційної здатності на продуктивність для створення синтетичних популяцій культури.

Методика досліджень. Дослідження проводились на дослідних ділянках кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології Уманського національного університету впродовж 2021–2023 років. Оцінку КЗ створених ліній проводили методом топ-кросу. Запилювачами (тестерами) ліній обрано два високопродуктивних з широкою генетичною основою сорти-синтетики Хлібне та Сіріус. Загальну комбінаційну здатність дослідних компонентів визначали як відхилення середнього значення ознаки у гібридів від аналогічної ознаки в цілому за дослідом [4].

Результати досліджень. За створення синтетичних популяцій основною вимогою з боку комбінаційної здатності до відновників фертильності (запилювачів) жита є високий рівень ефектів загальної комбінаційної здатності [2, 3, 13]. За добору ліній необхідно визначити їх ефекти ЗКЗ за основними ознаками, зокрема, урожайністю, якістю зерна та іншими складовими елементами продуктивності. Відбір зразків для подальшого використання в схемах гібридизації проводився комплексно за урахування стійкості до низки абіотичних і біотичних чинників.

Основним критерієм селекційної цінності лінії є прояв гетерозису в нащадків за врожайністю. Тому першим етапом, для визначення можливості ліній-запилювачів формувати високоврожайні гібридні форми, є перевірка створених зразків на загальну комбінаційну здатність за врожайністю та якістю зерна (табл. 1). У результаті досліджень встановлено, що загальна комбінаційна здатність ліній жита озимого змінюється за впливу чинників зовнішнього природного середовища та різниться за роками. Кожна комбінація схрещування вирізнялась за індивідуальними показниками продуктивності.

Найвищим ефектом ЗКЗ за врожайністю продовж років досліджень характеризувались зразки 1714-1, 1719-3, 1744-2. З апробованих матеріалів відібрано п'ять ліній, зокрема, 1714-1, 1719-3, 1731-9, 1742-5, 1744-2 зі стабільно високою ЗКЗ. Зразки 1731-9 та 1742-2 поряд з відносно високим і стабільними ефектами ЗКЗ за врожайністю мали також високі і сталі ефекти ЗКЗ за вмістом білка в зерні. Отримані лінії використовуються в селекційному процесі за створення сортів-синтетиків жита озимого. Кожну з п'яти ліній апробовано в різних комбінаціях панміктичного перезапилення для створення синтетичних популяцій культури. Відселектовані лінії використовуються у селекційних схемах створення батьківських компонентів гібридів F_1 жита озимого.

**Табл. 1. Аналіз рівня загальної комбінаційної здатності за продуктивністю
ліній-запилювачів жита озимого, 2022–2023 рр.**

Лінія	Рік проведення досліджень				Середнє за роками	
	2022		2023			
	врожайність	вміст білка	врожайність	вміст білка	врожайність	вміст білка
1701-3	-0,36	0,29	0,10	0,32	-0,13	0,45
1702-5	-1,66	0,31	-0,80	0,02	-1,23	0,32
1703-2	-1,62	0,37	-0,44	-0,11	-1,03	0,32
1705-6	0,24	-0,08	0,00	-0,11	0,12	-0,14
1706-1	-0,66	-0,33	-0,30	-1,12	-0,48	-0,89
1708-3	-1,36	-0,64	-1,10	-1,23	-1,23	-1,26
1710-2	-0,96	0,7	0,30	0,62	-0,33	1,01
1711-6	0,54	-0,92	0,10	-0,55	0,32	-1,20
1712-1	0,95	-0,79	-0,61	-1,09	0,17	-1,34
1714-1	0,75	1,12	0,59	0,61	0,67	1,43
1715-2	-0,06	0,94	0,00	0,56	-0,03	1,22
1716-3	0,31	-0,49	0,03	1,24	0,17	0,13
1717-4	-0,11	-0,81	0,05	0,72	-0,03	-0,45
1718-2	0,53	0,68	0,21	0,55	0,37	0,96
1719-3	1,00	-0,35	0,74	-0,08	0,87	-0,39
1721-2	0,02	-1,22	-0,08	-0,65	-0,03	-1,55
1722-4	0,01	-0,35	0,03	1,54	0,02	0,42
1723-6	-0,04	-0,81	-0,02	-0,25	-0,03	-0,94
1724-2	0,04	1,33	0,10	-1,22	0,07	0,72
1726-1	-0,09	-1,52	-0,17	-0,13	-0,13	-1,59
1727-1	-0,07	-0,13	0,01	-1,26	-0,03	-0,76
1728-2	-0,01	-0,18	0,05	0,65	0,02	0,15
1729-4	-0,49	-0,96	-0,67	0,34	-0,58	-0,79
1730-2	0,37	0,45	0,41	0,26	0,39	0,58
1731-9	1,29	1,54	0,85	1,22	1,07	2,15
1733-5	0,20	-0,74	0,04	-0,35	0,12	-0,92
1734-2	-0,30	-0,89	-0,56	-0,75	-0,43	-1,27
1736-6	-0,31	-0,34	-0,75	-0,54	-0,53	-0,61
1737-1	0,08	0,89	0,36	1,13	0,22	1,46
1738-5	-0,43	0,64	-0,33	0,82	-0,38	1,05
1739-2	-0,64	-0,82	-1,20	-1,22	-0,92	-1,43
1740-4	0,39	0,01	0,55	-0,13	0,47	-0,06
1741-1	0,32	0,96	0,42	-0,41	0,37	0,76
1742-5	0,84	1,25	1,10	1,32	0,97	1,91
1744-2	1,01	0,9	1,03	0,49	1,02	1,15
1745-7	-0,10	-1,12	-0,06	-1,02	-0,08	-1,63
1746-1	0,01	-0,31	-0,05	-1,21	-0,02	-0,92
1748-4	-1,06	0,22	-1,20	-0,09	-1,13	0,18
1750-2	0,11	0,15	0,53	0,26	0,32	0,28
1752-4	-0,45	1,13	-0,41	0,62	-0,43	1,44
1753-2	0,62	-1,21	0,32	-0,46	0,47	-1,44
1754-1	0,50	0,34	0,44	0,45	0,47	0,57
1755-2	0,65	0,79	0,39	0,24	0,52	0,91
HIP ₀₅	0,08	0,24	0,06	0,18	0,07	0,21

Для отримання гібридів F₁ створені матеріали також проаналізовано на ефект специфічної комбінаційної здатності. Кожен зразок використовували запилювачем у комбінаціях схрещування з перспективними високопродуктивними материнськими формами (табл. 2).

Табл. 2. Аналіз кращих гібридних комбінацій жита озимого за основними показниками продуктивності, 2023–2024 рр.

Комбінація схрещування	Врожайність		Вміст білка в зерні		Натура зерна	
	т/га	± до стандарту, %	%	± до стандарту, %	г/л	± до стандарту, %
Груповий стандарт*	6,3±0,4	—	10,1±0,6	—	692±3	—
1504-3 × 1714-1	6,5±0,2	103,2	10,3±0,4	102,0	682±2	98,6
1504-3 × 1719-3	6,8±0,3	107,9	11,2±0,6	110,9	695±3	100,4
1504-3 × 1731-9	7,0±0,3	111,1	9,7±0,3	96,0	685±3	99,0
1504-3 × 1742-5	6,6±0,1	104,8	10,6±0,7	105,0	701±4	101,3
1504-3 × 1744-2	7,3±0,4	115,9	10,1±0,4	100,0	679±2	98,1
1625-6 × 1714-1	6,7±0,2	106,3	11,5±0,6	113,9	712±5	102,9
1625-6 × 1719-3	7,2±0,3	114,3	10,0±0,5	99,0	694±2	100,3
1625-6 × 1731-9	7,4±0,2	117,5	9,2±0,4	91,1	680±3	98,3
1625-6 × 1742-5	7,7±0,4	122,2	9,4±0,5	93,1	672±4	97,1
1625-6 × 1744-2	6,7±0,2	106,3	11,1±0,6	109,9	728±5	105,2
<i>HIP₀₅</i>	0,3	—	0,5	—	11	—

Примітка. *Груповий стандарт – гібриди Palazzo і Barasetto

У результаті проведених досліджень продовж 2023–2024 рр. було проаналізовано кращі гібридні комбінації за основними показниками продуктивності. За урожайністю, найкращі результати отримано в комбінації схрещувань 1625-6 × 1731-9 та 1625-6 × 1742-5, на рівні 7,4 та 7,7 т/га, відповідно. Ці показники на 17,5 і 22,2 % перевищували показник групового стандарту, проте гібридна комбінація 1625-6 х 1731-9 помітно просідала за показниками якості зерна – вміст білку склав 9,2 % а натура зерна 680 г/л. Аналогічні дані отримано у гібридів комбінації 1625-6 х 1742-5 – вміст білка 9,4 % та натура зерна 672 г/л. Загалом за дослідом середній показник урожайності склав 6,9 т/га, натура зерна 691 г/л а вміст білка – 10,2 %. Найвищим вмістом білка в зерні вирізнялись гібриди комбінації схрещувань 1625-6 х 1714-1 (11,5 %) і 1504-3 х 1719-3 (11,2 %), що відповідно на 13,9 % і 10,9 % перевищувало груповий стандарт. За натурою зерна, найкращі результати зафіксовано у зразків 1625-6 × 1714-1 і 1625-6 × 1744-2 – 712 і 728 г/л, відповідно.

Висновки. За внутрішньовидової гібридизації географічно віддалених форм створено низку інбредних ліній жита озимого. Їх аналіз на ефекти загальної комбінаційної здатності за продуктивністю, дав змогу відібрати п'ять ліній 1714-1, 1719-3, 1731-9, 1742-5, 1744-2 з високою ЗКЗ. Ці матеріали долучено до процесу отримання та апробації синтетичних популяцій культури.

За використання ліній, створено та апробовано за показниками продуктивності низку тест-кросних гібридів. Створені матеріали використовуються в селекційних програмах отримання гібридів жита озимого.

Література:

1. Єгоров Д. К., Циганко В. А., Дерев'янка В. П., Олійник О. О. Особливості селекції сортів та гібридів озимого жита. *Збірник наукових праць СГІ-НЦНС*. 2010. Вип. № 16 (56). С. 104–109.
2. Рябовол Я. С. Теоретичне обґрунтування систем гібридизації і створення вихідного матеріалу в селекції зернових культур. Автореф. дис.... д. с.-г. н.: 06.01.05 – Селекція і насінництво. Умань: УНУС, 2020. 56 с.
3. Змієвська О. А. Селекційна цінність ліній-відновлювачів фертильності для створення високогетерозисних гібридів жита озимого. Автореф. дис.... к. с.-г. н.: 06.01.05 – Селекція і насінництво. Харків, 2016. 24 с.
4. Яценко А. О., Опалко А. І., Адаменко Д. М., Поліщук В. В., Адаменко В. Д. Селекційна цінність ліній-закріплювачів буряку цукрового (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *altissima* Doell). *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин: науково-практичний журнал*. 2010. Вип. № 1 (11). С. 59–64.
5. Сич З. Д., Жемойда В. Л., Сидорка І. В. Вивчення комбінаційної здатності у селекції гетерозисних гібридів методом неповних топ кросів. Київ. НАУ, 2004. 19 с.
6. Сич З. Д. Методичні рекомендації по статистичній оцінці селекційного матеріалу овочевих та баштанних культур. Харків, 1993. 71 с.
7. Kolasinska I., Wegrzyn S. Combining ability for selected quantitative characters in winter rye (*Secale cereale* L.). *Cereal Res. Commun.* 2001. № 1/2. P. 69–76.
8. Miedaner T., Wilde P., Wortmann H. Combining ability of non-adapted sources for male-fertility restoration in Pampa CMS of hybrid rye. *Plant Breeding*. 2005. Vol. 124. Iss. 1. P. 39–43.
9. Geiger H. K., Schneell F.V. The experimental base for breeding varieties and hybrids of rye. Eccarpy: Abstracts Dokl. Conf. According to the selection of rye (June 18–21, 1974). Poznan, 1974. P. 3–9.
10. Griffing B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian J. Biol. Sci.* 1956. Vol. 9. P. 463–493.
11. Horner E. S., Lundy H. W., Luttrik M. C., Charman W. H. Comparisons of three methods of recurrent selection in maize. *Crop. Science*. 1973. Vol. 13. P. 485–489.
12. Макаrchук О. С., Жемойда В. Л. Підбір тестерів для оцінки вихідного матеріалу кукурудзи. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених та спеціалістів з проблем виробництва зерна в Україні. Дніпропетровськ, 2002. С. 66.
13. Дерев'янка В. П., Єгоров Д. К. Актуальні питання гетерозисної селекції озимого жита. Харків: Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Магда LTD, 2008. 152 с.

References:

1. Egorov, D. K., Tsiganko, V. A., Derevyanko, V. P., Oliynyk, O. O. (2010). Features of breeding varieties and hybrids of winter rye. Collection of scientific works of the SGI-NSNS, iss. 16 (56), pp. 104–109. [in Ukrainian].
2. Riabovol, Ia. S. (2020). Theoretical substantiation of hybridization systems and creation of source material in grain breeding. Autoref diss.... Dr. of Agricultural sciences. Uman. [in Ukrainian].
3. Zmiyevskaya, O. A. (2016). The breeding value of fertility lines for the creation of high-heterosis of winter rye. Autoref diss.... Cand. of Agricultural sciences. Kharkiv. [in Ukrainian].
4. Yatsenko, A. A., Opalko, A. I., Adamenko, D. M., Polishchuk, V. V., Adamenko, V. D. (2010). The breeding value of sugar beet (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *Altissima* Doll). Variety and protection of rights to plant varieties: scientific and practical journal, iss. № 1 (11), pp. 59–64. [in Ukrainian].
5. Sych, Z. D., Zhemoda, V. L., Sydorka, I. V. (2004). Study of combining ability in selection of heterotic hybrids by the method of incomplete top crosses. Kyiv. NAU. 19 p. [in Ukrainian].
6. Sich, Z. D. (1993). Methodical recommendations for statistical evaluation of breeding material of vegetable and melons. Kharkiv. 71 p. [in Ukrainian].
7. Kolasinska, I., Wegrzyn, S. (2001). Combining ability for selected quantitative characters in winter rye (*Secale cereale* L.). *Cereal Res. Commun.*, no. 1/2, pp. 69–76. [in Ukrainian].
8. Miedaner, T., Wilde, P., Wortmann, H. (2005). Combining ability of non-adapted sources for male-fertility restoration in Pampa CMS of hybrid rye. *Plant Breeding*, vol. 124, iss. 1, pp. 39–43.
9. Geiger, H. Kh., Schneell, F. V. (1974). The experimental base for breeding varieties and hybrids of rye. Eccarpy: Abstracts Dokl. Conf. According to the selection of rye (June 18–21, 1974). Poznan. P. 3–9.
10. Griffing, B. (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian J. Biol. Sci.*, vol. 9, pp. 463–493.
11. Horner, E. S., Lundy, H. W., Luttrik, M. C., Charman, W. H. (1973). Comparisons of three methods of recurrent selection in maize. *Crop. Science*, vol. 13, pp. 485–489.
12. Makarchuk, O. S., Zhemoyda, V. L. (2002). Selection of testers for the evaluation of corn starting material. Materials of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists on the Problems of Grain Production in Ukraine. Dnipropetrovsk. P. 66. [in Ukrainian].
13. Derelyanko, V. P., Egorov, D. K. (2008). Topical issues of heterosis of winter rye. Kharkiv: Institute of Plant Growing named after V. Yuryev. Magda Ltd. 152 p. [in Ukrainian].

Annotation

Riabovol Ia. S., Slidenko S. I.

Assessment of the general combining ability of created inbred lines of winter rye

The successful selection of parent components of winter rye for heterosis is carried out on the basis of checking the combination capacity of the source material, which should be used to produce hybrids, that is, by hybridization of certain varieties or lines and testing of their offspring. The assessment of the source material by combination capacity is important in hybrids, since this feature determines the amount of heterosis. The combination ability of an individual line cannot be evaluated visually or indirect methods because the effects of its variation depend on the selection of pairs of hybridization, that is, the combination capacity of the line for each pair is determined in a specific crossing.

The purpose of the work was to evaluate the breeding value of the created winter rye lines for analyzing the effects of overall combination capacity for productivity to create synthetic populations of culture.

The research at the experimental areas of the Department of Genetics, Plant Breeding and Biotechnology of Uman NU during 2021–2023 was conducted. The general combining ability of the experimental components as a deviation of the average value of the trait in hybrids from a similar trait as a whole by the experiment was defined.

With intraspecific hybridization of geographically distanced forms, a number of inbred lines of winter rye were created. Their analysis for the effects of overall combination capacity by productivity, made it possible to select five lines 1714-1, 1719-3, 1731-9, 1742-5, 1742, 1744-2 with high GCA. These materials are attached to the process of obtaining and testing synthetic cultures of culture. With the participation of these samples, a number of prospective combinations of crossing have been selected and test hybrids by the main performance indicators were analyzed. The best combinations of crosses 1625-6 x 1731-9 and 1625-6 x 1742-5 by yield, at the level of 7,4 and 7,7 t/ha were selected. Created materials uses in breeding programs for obtaining of hybrids of winter rye.

Key words: winter rye, samples, general combining ability, entrance material, hybrids F_1 , line, productivity