

УДК 633.13:631.52

А. Я. МАРУХНЯК, А. О. ДАЦЬКО, кандидати сільськогосподарських наук

Ю. А. ЛІСОВА, молодший науковий співробітник

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

вул. Грушевського, 5, с. Оброшино Пустомитівського р-ну

Львівської обл., 81115, e-mail: inagrokarpat@gmail.com

ФЕНОТИПОВА СТАБІЛЬНІСТЬ ТА АДАПТИВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ГЕНОТИПІВ ВІВСА

Представлено результати визначення параметрів середовища та диференційованої оцінки адаптивного потенціалу і фенотипової стабільності генотипів вівса за ознакою «врожайність». Встановлено найкращі генотипи за загальною адаптивною здатністю, стабільністю за показниками варіанси специфічної адаптивності і відносної стабільності, а також за селекційною цінністю. Визначено компенсуючі і дестабілізуючі ефекти генотипу за коефіцієнтом компенсації. Згідно з нормою реакції на умови середовища проведено розподіл генотипів вівса на екстенсивні, напівінтенсивні, або пластичні, та інтенсивні.

Ключові слова: овес, генотип, адаптивність, стабільність, середовище, врожайність.

Дослідження в різних умовах зовнішнього середовища відіграють важливу роль у виборі найкращих сортів і агрономічних

© Марухняк А. Я., Дацько А. О., Лісова Ю. А., 2015
Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2015. Вип. 58 (1).

заходів для використання в майбутньому після оцінки сортової стабільності. Рівень поєднання оцінок адаптивності або стабільності за різними методиками має стати надійним показником передбачення поведінки сорту і також допомагати селекціонерів вибирати найбільш придатні та інформативні параметри, що підходять до концепції стабільності. Отже, фенотипова стабільність є ознакою особливого зацікавлення селекціонерів.

Багато статистичних методів придатні для аналізу стабільності в різних інтерпретаціях. Деякі дослідники використовували визначення рангової кореляції між різними параметрами стабільності в емпіричній базі даних [1–3]. У більшості випадків для оцінки фенотипової стабільності користуються біометричними методами [4–7]. Хоча ні один з цих методів не може адекватно пояснити генотиповий прояв стабільності через умови зовнішнього середовища. Тому при вивченні взаємодії генотип \times середовище ($G \times E$) у різних культур порівняльний метод найбільш широко використовують останнім часом [7–9]. У зернових культур більшість селекціонерів використовують термін «стабільність» для характеристики генотипів, які формують порівняно сталий врожай незалежно від умов зовнішнього середовища. Ця ідея пояснює як біологічну, так і статистичну концепції стабільності. Деякі селекціонери не приймають цей вид стабільності, віддаючи перевагу агрономічній або динамічній концепції. Для практичного застосування більшість селекційних програм вводять елементи обох концепцій стабільності з метою порівняння її прояву у генотипів.

Метою наших досліджень було проведення диференційованої оцінки генотипів вівса за показниками фенотипової стабільності та адаптивного потенціалу при зміні умов вирощування. Предметом вивчення були сорти Чернігівський 27, Ант, Аркан, Хосен, Авгол, Артур і селекційні лінії 99-5-1 (Leanda / Скакун), 157-1-9 (Скакун / Kwant), 159-5-1 (Скакун / Riel), 96-1103 (Скакун / к-14225) і 112-196 (Львівський 23 / Буг // Обрій).

Дослідження проводили на полях лабораторії селекції зернових та кормових культур Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН у 2012–2014 рр. Попередник – озимі зернові, агротехніка – загальноприйнята для вирощування вівса в зоні досліджень. Облікова площа ділянки – 25–33 м², повторність – чотириразова. Сівбу проводили селекційною сівалкою СКС-6-10 з апаратом центрального висіву, збирання – комбайном «Сампо-130». Обліки і спостереження здійснювали згідно з відповідними методиками державного сортовипробування [10, 11].

Для визначення параметрів середовищ, фенотипової стабільності і адаптивного потенціалу використовували методику А. В. Кільчевського, Л. В. Хотильової [12, 13]. Розраховували загальну адаптивну здатність ($ЗАЗ = V_i$), варіансу специфічної адаптивної здатності ($САЗ = \sigma^2_{САЗi}$), варіансу взаємодії генотипу та середовища ($\sigma^2_{(G \times E)gi}$), відносну стабільність (Sg_i), коефіцієнт компенсації (Kg_i) і селекційну цінність генотипу ($СЦГ_i$). Для характеристики середовища як фону випробування генотипів визначали продуктивність фону ($u + dk$), ефект середовища (dk), взаємодію генотип \times середовище ($\sigma^2_{(G \times E)ek}$), диференціюючу здатність (σ^2_{DCC}), коефіцієнт лінійності (I_{ek}), відносну диференціюючу здатність середовища (S_{ek}) та коефіцієнт компенсації (K_{ek}).

Статистичний аналіз даних урожайності проведено дисперсійним методом за Б. А. Доспеховим [14]. Коефіцієнти регресії (b_i) і варіанси стабільності (S_i^2) визначали згідно з методикою S. A. Erberhart, W. A. Russel [15].

Погодні умови вегетаційного періоду вівса у 2012 р. характеризувалися високою температурою повітря та періодичним дефіцитом опадів. Високі температури в період 3-тя декада квітня – 1-ша декада травня негативно впливали на формування вегетативних пагонів, а в 1-й декаді липня перешкоджали наливу зерна. Загальна кількість опадів за період квітень – серпень становила 351 мм, що на 52 мм менше за норму. У квітні сума опадів відповідала нормі (51 мм), а в червні була на 16 мм більша за норму. Липень відзначався посушливими умовами (-35 мм опадів) порівняно із середньобогаторічними показниками. Цей рік виявився найменш сприятливим для росту і розвитку рослин вівса, про що свідчить рівень урожайності досліджуваних генотипів ($\bar{x} = 3,51$ т/га).

Веgetаційний період 2013 р. виявився досить сприятливим для розвитку генеративних пагонів рослин вівса. Сприятливі умови зволоження у травні і червні (відповідно +6,8 і 47,1 мм до норми) дозволили проходити критичні періоди для росту і розвитку за оптимальних умов. У цілому умови вегетаційного періоду були більш сприятливими порівняно з минулим роком, що спричинило підвищення врожайності вівса ($\bar{x} = 4,81$ т/га). Погодні умови в період жнив сприяли збиранню врожаю без втрат.

Погодні умови 2014 р. були неоднозначні за своїм впливом на рослини вівса. Так, квітень характеризувався теплою та вологою погодою (температура повітря була на 2,6 °C вища, а кількість опадів – на 4,3 мм більша за норму). Температура повітря в травні була на 1,3 °C вища, а кількість опадів – на 54,4 мм більша за

норму. Червень характеризувався прохолодною і помірно сухою погодою, тоді як липень був гарячим та сухим. У зв'язку з такими умовами цей рік за продуктивністю генотипів вівса виявився середнім ($\bar{x} = 4,40$ т/га).

Згідно з методикою А. В. Кільчевського, Л. В. Хотильової [12, 13] першим етапом комплексної оцінки параметрів середовища, фенотипової стабільності і адаптивного потенціалу є дисперсійний аналіз для встановлення достовірних відмінностей між різними ефектами.

1. Результати двофакторного дисперсійного аналізу врожайності генотипів вівса (2012–2014 рр.)

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	F _{факт.}	F _{табл.}
Загальна	61,40	131	-	-	-
Повторення	0,04	3	-	-	-
Середовище	39,03	2	19,51	487,75	3,09
Генотип	12,03	10	1,20	30,00	1,92
Взаємодія	6,62	20	0,33	8,25	2,05
Похибка	3,64	96	0,04	-	-

Результати проведеного двофакторного дисперсійного аналізу підтверджують високі достовірні відмінності між ефектами років, генотипів та їх взаємодії за продуктивністю сортів і ліній вівса (табл. 1). При оцінці впливу різних факторів на формування врожайності встановлено, що найбільший вплив мали умови вирощування, тобто рік (63,3 %), і значно меншою мірою генотип (19,6 %). Взаємодія факторів середовище × генотип мала ще менший внесок у загальну дисперсію врожайності генотипів (10,8 %).

За параметричного підходу до аналізу середовища його оцінюють за кількісними показниками. У цій методиці визначають декілька основних параметрів, які характеризують придатність середовища для відбору генотипів, а саме: типовість, здатність виявляти генотипові відмінності, продуктивність середовища, повторюваність аналізованих параметрів за роками і при зміні набору генотипів.

2. Параметри середовища для аналізу стабільності та адаптивності генотипів вівса (2012–2014 рр.)

Середовище (рік)	Середня врожайність, $u+dk$, т/га	Ефект середовища, dk	Взаємодія генотип × середовище, $\sigma^2_{G \times E_{ek}}$	Диференціююча здатність середовища, σ^2_{DSS}	Коефіцієнт лінійності, I_{ek}	Відносна диференціююча здатність середовища, $S_{ek}, \%$	Коефіцієнт компенсації, K_{ek}
2012	3,51	-0,73	0,03	0,10	0,30	2,85	1,67
2013	4,81	0,57	0,05	0,15	0,33	3,12	2,50
2014	4,40	0,16	0,07	0,29	0,24	6,59	4,83

Середня продуктивність генотипів вівса була найвищою у 2013 р. (4,81 т/га), а найнижчою – у 2012 р. (3,51 т/га). Ефект середовища, або продуктивність середовища, дорівнює відхиленню середнього значення ознаки в усіх генотипів до середнього в популяції. У наших дослідженнях негативним значенням ефекту середовища виділявся 2012 р. Взаємодія генотип × середовище була найбільшою у 2014 р. Для визначення диференціюючої здатності середовища використовують дисперсію, і вона дає інформацію про середовище як фон для відбору. Найвище значення цього показника було зафіксовано у 2014 р., що свідчить про прояв максимальних генотипових відмінностей між сортами і лініями вівса саме у цей рік. Згідно з показником диференціюючої здатності середовища в рік з мінімальною середньою врожайністю генотипів цей показник наближається до нульової відмітки. Відносна диференціююча здатність середовища дозволяє зіставити результати досліджень, у даному випадку в різних середовищах вона була приблизно однаковою в 2012 і 2013 рр. – 2,85, 3,12 %, дещо вищою у 2014 р. – 6,59 %. Відношення взаємодії генотип × середовище до диференціюючої здатності середовища визначається як коефіцієнт нелінійної реакції генотипу на середовище. В наших дослідженнях мінливість середовища мала лінійний характер ($I_{ek} \rightarrow 0$).

Найбільшим ефектом компенсації відзначалися погодні умови у 2012 р. ($K_{ek} = 1,67$), а в наступні роки характерні ефекти дестабілізації. Отже, умови 2012 р. потрібно вважати стабілізуючими, а 2013–2014 рр. – аналізуючими (табл. 2).

3. Параметри адаптивної здатності та фенотипової стабільності генотипів вівса за ознакою «врожайність зерна» (2012–2014 рр.)

Сорт, лінія	Середня врожайність, т/га	Загальна адаптивна здатність, ЗАЗ, т/га	Варіанса специфічної адаптивної здатності, σ^2 САЗ	Варіанса взаємодії генотипу та ередовища, σ^2 (G×E)gi	Селекційна цінність генотипу, СЦГ	Відносна стабільність генотипу, S _{gi} , %	Коефіцієнт компенсації генотипу, K _{gi}	Коефіцієнт регресії, b _i	Варіанса стабільності, S _i ²
Чернігівський 27	4,15	-0,09	0,40	0,00	2,24	15,31	0,96	0,96	0,01
Ант	4,31	0,07	0,77	0,05	1,67	20,41	1,84	1,32	0,02
Аркан	4,37	0,13	0,49	0,01	2,26	16,07	1,17	1,05	0,03
Хосен	4,21	-0,03	0,53	0,13	2,02	17,35	1,27	0,96	0,28
Авгол	3,73	-0,51	0,48	0,00	1,64	18,64	1,15	1,04	0,02
Аргур	4,74	0,07	0,37	0,09	2,64	13,67	0,89	1,31	0,09
99-5-1	4,47	0,07	0,79	0,08	2,07	18,79	1,89	0,82	0,17
157-1-9	3,70	0,02	0,26	0,04	2,16	13,87	0,63	0,75	0,04
159-5-1	4,07	0,07	0,72	0,08	1,52	20,90	1,72	1,22	0,14
96-1103	4,38	0,14	0,46	0,02	2,34	15,54	1,10	1,01	0,05
112-196	4,50	0,26	0,33	0,25	2,77	12,83	0,79	0,60	0,37

Згідно з методикою А. В. Кільчевського, Л. В. Хотильової [12, 13] під адаптивною здатністю розуміють здатність генотипу підтримувати властивий йому фенотиповий вираз ознаки у визначених умовах середовища. Загальна адаптивна здатність генотипу характеризує середнє значення ознаки в різних умовах середовища, а специфічна – відхилення від ЗАЗ у певному середовищі.

У середньому за 2012–2014 рр. найвищою продуктивністю відзначалися сорт Артур та селекційні лінії 112-196 і 99-5-1 – відповідно 4,74; 4,50 і 4,47 т/га. Порівняння показників загальної адаптивної здатності і врожайності виявило певне розходження між цими величинами у деяких генотипів. Найвищі ефекти ЗАЗ було зафіксовано у ліній 112-196 (0,26), 96-1103 (0,14) і сорту Аркан (0,13), тоді як у сорту Артур та лінії 99-5-1 (0,07) загальна адаптивна здатність була на рівні менш продуктивних генотипів.

Стабільність певної ознаки можна розглядати як у широкому, так і вузькому розумінні. У вузькому розумінні стабільним є генотип з стійкою реалізацією свого потенціалу і йому властива реакція на поліпшення або погіршення умов зовнішнього середовища, а в широкому – стабільним визначається генотип, на розвиток ознак якого зміна умов середовища має незначний вплив [15].

Ступінь стабільності генотипів вівса за ознакою «врожайність» у широкому розумінні можна оцінити за варіансою специфічної адаптивної здатності (σ^2_{CA3i}), нижчі її значення означають більшу стабільність. Найвищою стабільністю відзначалися селекційні лінії 157-1-9 (0,26), 112-196 (0,33) і сорт Артур (0,37). Відносна стабільність генотипу (S_{gi}) вказує на стабільність ознаки у вузькому розумінні. За цим показником кращими виявилися лінії 112-196 ($S_{gi}=12,83\%$), 157-1-9 ($S_{gi}=13,87\%$) і сорт Артур ($S_{gi}=13,67\%$). За своєю суттю відносна стабільність генотипу є аналогом коефіцієнта варіації (C_v). Параметр відносної стабільності генотипу базується на реальній біологічній основі і визначає ступінь пристосовуваності генотипів до різних середовищних ситуацій. Згідно з класифікацією параметрів стабільності [16] показник S_{gi} належить до групи А (тип стабільності 1) і може успадковуватися.

Варіанса взаємодії генотипу і середовища, яка стосується одного генотипу, не повинна розглядатися як параметр екологічної (фенотипової) стабільності. Передусім цей показник характеризує типовість норми реакції генотипу, а також можливість передбачення реакції на середовище. Серед проаналізованих генотипів вівса лінію 112-196 і сорт Хосен згідно з показником $\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$ потрібно вважати з

найменш передбачуваною реакцією на зміну умов середовища і найвищою здатністю вступати у взаємодію з ними.

Комплексним показником для оцінки генотипу за поєднанням величини врожаю і його стабільності найбільш придатною є селекційна цінність генотипу (СЦГ_i). У наших дослідженнях цей показник коливався в межах від 1,52 (лінія 159-5-1) до 2,77 (лінія 112-196). У більшості випадків генотипи з високою загальною адаптивною здатністю, а саме: лінії 112-196, 96-1103, сорт Аркан мали також значну селекційну цінність – відповідно 2,77; 2,34; 2,04. Водночас чотири генотипи з однаковою ЗАЗ 0,07 показали різну селекційну цінність – від 1,52 (лінія 159-5-1) до 2,64 (сорт Артур), причому найменш продуктивний генотип виявився найгіршим за селекційною цінністю.

Для встановлення компенсуючих і дестабілізуючих ефектів генотипу використовують коефіцієнт компенсації (K_{gi}). При $K_{gi} \rightarrow 0$ переважають компенсуючі ефекти взаємодії генотип \times середовище, при $K_{gi} = 1$ ефекти компенсації і дестабілізації перебувають у рівновазі, а при $K_{gi} > 1$ більш відчутні ефекти дестабілізації. Чотири досліджуваних генотипи вівса відзначилися компенсуючими ефектами ($K_{gi} = 0,63-0,96$) а інші сортозразки – дестабілізуючими ефектами ($K_{gi} = 1,10-1,89$).

За методикою Еберхарта – Рассела [15], взаємодія генотип \times середовище розкладається на дві частини: лінійну реакцію сорту на середовище, на що вказує коефіцієнт регресії (b_i), і нелінійне відхилення від лінії регресії, яке визначається середнім квадратичним відхиленням від лінії регресії (S_i^2). До стабільних належать генотипи, у яких $b_i = 1$ і $S_i^2 = 0$.

За нормою реакції на умови середовища генотипи вівса розподілилися на екстенсивні ($b_i = 0,6-0,75$), напівінтенсивні, або пластичні ($b_i = 0,82-1,05$), і інтенсивні ($b_i = 1,22-1,32$). Згідно з цим розподілом серед генотипів інтенсивного типу стабільністю відзначалися сорт Ант ($b_i = 1,32$ і $S_i^2 = 0,02$), Артур ($b_i = 1,31$ і $S_i^2 = 0,09$) і дещо меншою стабільністю ознаки «врожайність» відзначена лінія 159-5-1 ($b_i = 1,22$ і $S_i^2 = 0,14$). Генотипи напівінтенсивного типу сорти Чернігівський 27 ($b_i = 0,96$), Аркан ($b_i = 1,05$), Авгол ($b_i = 1,04$) та селекційна лінія 96-1103 ($b_i = 1,01$) також характеризувалися високою стабільністю згідно з середнім квадратичним відхиленням від лінії регресії, яка становила від 0,01 до 0,05 (табл. 3).

Висновки

1. Згідно з показником диференціюючої здатності середовища максимальний прояв генотипових відмінностей було зафіксовано у

2014 р. Мінливість умов середовища в роки проведення досліджень мала лінійний характер. Найбільшим ефектом компенсації характеризувався 2012 р.

2. Серед досліджуваних генотипів вівса найвищу загальну адаптивну здатність за ознакою «врожайність» виявили селекційні лінії 112-196, 96-1103 і сорт Аркан. У найбільш продуктивного сорту Артур загальна адаптивна здатність була на рівні менш продуктивних генотипів.

3. Селекційні лінії 112-196 і 96-1103 показали високу стабільність врожаю зерна при їх оцінюванні за варіансою специфічної адаптивної здатності. За параметром відносної стабільності генотипу, який базується на реальній біологічній основі і визначає ступінь пристосовуваності генотипів до різних середовищних ситуацій, найкращими за стабільністю, крім вже зазначених генотипів, додалися селекційні лінії 99-5-1 і 157-1-9.

4. За показником селекційної цінності генотипу, який поєднує продуктивність і стабільність, найкращими були генотипи з високою загальною адаптивною здатністю. Водночас чотири генотипи вівса за ознакою ЗАЗ показали різну селекційну цінність і найменш продуктивний з них виявився найгіршим за оцінюваним параметром.

Список використаної літератури

1. Pielpho H. P. Rank correlation among parametric and nonparametric measures of phenotypic stability / H. P. Piepho, S. Lotito // *Euphytica*. – 1992. – V. 64. – P. 221–225.

2. Duarte J. B. Correlation among yield stability parameters in common bean / J. B. Duarte, M. J. de Zimmerman // *Crop Sci*. – 1995. – V. 35. – P. 905–912.

3. Adugna W. Parametric and nonparametric measures of phenotypic stability in linseed (*Linum usitatissimum* L.) / W. Adugna, M. T. Labuschagne // *Euphytica*. – 2003. – V. 129. – P. 211–218.

4. Becker H. C. Stability analysis in plant breeding / H. C. Becker, J. Leon // *Plant Breed*. – 1988. – V. 101. – P. 1–23.

5. Yield and adaptation of hexaploid spring triticale / P. N. Fox [et al.] // *Euphytica*. – 1991. – V. 47. – P. 57–64.

6. Flores F. A comparison of univariate and multivariate methods to analyze environments / F. Flores, M. T. Moreno, J. I. Cubero // *Field Crop Res*. – 1998. – V. 56. – P. 271–286.

7. Hussein M. A. SASG X ESTAB: A SAS program for computing genotype x environment stability statistics / M. A. Hussein, A. Bjornstad, A. H. Aastveit // *Agron. J*. – 2000. – V. 92. – P. 454–459.

8. Mohebodini M. Stability of performance in lentil (*Lens culinaris* Medic.) genotypes in Iran / M. Mohebodini, H. Dehghani, S. H. Sabagpour // *Euphytica*. – 2006. – V. 149. – P. 343–352.

9. Mohammadi R. Grain yield stability of spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) / R. Mohammadi, S. S. Pourdad, A. Amri // *Aust. J. Agric. Res.* – 2008. – V. 59. – P. 546–553.

10. Методика проведення експертизи та державного випробування сортів рослин зернових, круп'яних та зернобобових культур // Охорона прав на сорти рослин : офіційний бюлетень. – 2003. – Вип. 2, ч. 3. – 214 с.

11. Методика державного сортовипробування сортів на придатність до поширення в Україні : загальна частина // Охорона прав на сорти рослин : офіційний бюлетень. – 2003. – Вип. 1, ч. 3. – 106 с.

12. Кильчевский А. В. Экологическая селекция растений / А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Минск : Технология, 1997. – 372 с.

13. Кильчевский А. В. Генотип и среда в селекции растений / А. И. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – М. : Наука и техника, 1989. – 191 с.

14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Изд. 5-е, перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

15. 10. Eberhart S. A. Stability parameters for comparing varieties / S. A. Eberhart, W. A. Russel // *Crop Sci.* – 1966. – V. 6, № 1. – P. 336–400.

16. Lin C. S. A methods for analyzing cultivar x location x year experiments: a new stability parameter / C. S. Lin, M. R. Binns // *Theor. Appl. Genet.* – 1998. – V. 76. – P. 425–430.

Отримано 30.04.2015