

DOI: <http://phzt-journal.isgkr.com.ua/ua-66/9.pdf>

УДК 633.13:631.52

А. Я. МАРУХНЯК, В. І. ПУЩАК, кандидати сільськогосподарських наук

Г. І. МАРУХНЯК, науковий співробітник

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

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

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

ОЦІНКА АДАПТИВНОЇ ЗДАТНОСТІ СЕЛЕКЦІЙНИХ ГЕНОТИПІВ ВІВСА ЗА МАСОЮ 1000 ЗЕРЕН

Дослідження проводили у 2016–2018 рр. на полях лабораторії селекції зернових та кормових культур в умовах селекційно-наслідницької сівозміни Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН. Предметом досліджень були 13 селекційних ліній вівса з голозерним і півчастим зерном та стандартні сорти Закат і Артур.

Метою нашої роботи було визначення норми реакції селекційних генотипів вівса на зміну умов зовнішнього середовища за кількісною ознакою “маса 1000 зерен” та їх диференціація за показниками екологічної адаптивності.

За ознакою “маса 1000 зерен” визначали пластичність, стабільність, загальну адаптивну здатність, варіансу специфічної адаптивної здатності, варіансу взаємодії генотипу і середовища, коефіцієнт компенсації і селекційну цінність генотипу. Статистичну обробку експериментальних даних проводили за допомогою програми Microsoft Excel з визначенням середніх, мінімальних (min), максимальних (max) значень і розмаху варіації (R). Математичну обробку даних проводили дисперсійним методом. Для розрахунку інтегрованого параметра, який включав показники маси 1000 зерен та екологічної адаптивності, визначали рейтинг адаптивності сорту (РАС).

Результати дисперсійного аналізу показали, що експериментальні фактори мали суттєвий вплив на прояв ознаки “маса 1000 зерен”. Найбільший вплив на досліджувану кількісну ознаку мав генотип селекційних ліній (63,6 %), екологічний градієнт становив лише 9,6 і взаємодія факторів досягала 22,4 %.

Середня маса 1000 зерен найвищого значення досягла у 2018 р. (35,8 г) з варіюванням від 27,4 (407-1) до 42,2 г (400-2-10). Селекційна лінія 400-2-10 відзначилася найвищим показником ознаки в середньому за 2016–2018 рр. (37,7 г). Дещо нижчі значення маси 1000 зерен у середньому за три роки були у лінії 417-2-2 та сорту Закат – відповідно 36,8 і 36,6 г.

Розмах варіації, коефіцієнт варіації та стандартне відхилення свідчать про різні норми реакції генотипів вівса на зміну умов вирощування. Найвищий розмах варіації за ознакою “маса 1000 зерен” продемонстрували селекційні лінії 400-2-10, 112-196 і 417-1-2 – відповідно 9,7; 9,3 і 9,2 г. Згідно з коефіцієнтом варіації у цих генотипів зафіксована середня мінливість маси 1000 зерен, тобто вище 10,0 %.

Загальна адаптивна здатність здебільшого виявилася вищою у генотипів з високими значеннями маси 1000 зерен: 400-2-10, 417-2-2, с. Закат, 112-196 – відповідно 4,00; 3,04; 2,87 і 1,90. Селекційні лінії 418-1-5, 112-196 і 377-1-10 згідно з показником $\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$ (відповідно 21,11; 20,05 і 13,82) потрібно вважати з найменш передбачуваною реакцією на зміну умов середовища і найвищою здатністю вступати у взаємодію з ними.

Комплексним показником, найбільш придатним для оцінки генотипу за поєднанням величини кількісної ознаки і її стабільності, є селекційна цінність генотипу. У наших дослідженнях цей показник коливався в межах від 7,68 (405-1-5) до 32,92 (417-1-2). Кращими за цим комплексним показником були також селекційні лінії 369-6-3 (25,82), 279-1-3 (24,61) і сорт Артур (22,79).

Високопластичними генотипами інтенсивного типу за ознакою “маса 1000 зерен” вважаються селекційні лінії з b_i від 1,16 до 2,53 (417-2-2, 359-1-1, 405-1-5, 380-1-9, 400-2-10, 423-1-2, 417-1-2). Серед зазначених генотипів найбільш стабільний прояв ознаки виявився у 405-1-5, 417-1-2 і 423-1-2 ($S_i^2 = 0,16-2,40$).

Згідно з РАС перше місце в загальному рейтингу за селекційною лінією 417-2-2 (8,2). Основні переваги цього генотипу: висока середня маса 1000 зерен (друге місце у загальному рейтингу), загальна адаптивна здатність (друге місце), селекційна цінність (п’яте місце) та показник пластичності (четверте місце).

Ключові слова: овес, селекційна лінія, маса 1000 зерен, кількісна ознака, пластичність, стабільність, рейтинг адаптивності.

Marukhnyak A., Pushchak V., Marukhnyak H. Estimation of the adaptive ability of oats breeding genotypes for 1000-grain mass

The research was conducted in the years 2016–2018 on the fields of the grain and forage crops breeding laboratory at the conditions of breeding and seed crop rotation of the Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS. The subject of research was 13 oats breeding lines with husked and naked grain and standard varieties Zakat and Artur.

The purpose of our work was the determination of the reaction rate of oats breeding lines on change of conditions environment for the quantitative trait "1000-grain mass" its differentiation for indices of ecologic adaptivity.

The plasticity, stability, general adaptive ability, variance of adaptive ability, variance interaction of genotype and environment, coefficient of compensation and breeding value of genotype were determined for the trait "1000-grain mass". Statistical processing of experimental data was performed using the Microsoft Excel program with the definition of averages, minimum (min), maximal (max) and variation scope (R). Mathematics processing of data was carried out by the dispersive method. The rating of variety adaptivity (RVA) was determined for calculation of integrated parameter which includes the indices of the mass of 1000 grain and ecologic adaptivity.

The results of the dispersive analysis were shown that experimental factors had an essential influence of manifestation trait "1000-grain mass". The genotype of breeding lines had the greatest influence on research (63,6 %), the ecologic gradient was only 9,6 and the interaction of factors reached 22,4 %.

An average 1000-grain mass reached of the highest value in 2018 (35,8 g) with variation from 27,4 (407-1) to 42,2 г (400-2-10). The breeding line 400-2-10

noted with the highest proof of trait on average for 2016–2018 (37,7 g). Slightly lower values of 1000-grain mass on average for three years were in 417-2-2 and Zakat variety, respectively 36,8 and 36,6 g.

The scope of variation, coefficient of variation and standard deviation witnessed about different rates of reaction of oats genotypes on change of growing conditions. The highest scope of variation for the trait "1000-grain mass" demonstrated the breeding lines 400-2-10, 112-196 and 417-1-2, respectively 9,7, 9,3 і 9,2 g. Accordingly to the coefficient of variation in these genotypes, it was fixed an average variation of 1000-grain mass that is higher 10,0 %.

Mostly the general adaptive ability was higher in genotypes with high exponents of 1000-grain mass: 400-2-10, 417-2-2, v. Zakat, 112-196, respectively 4,00; 3,04; 2,87 and 1,90. The breeding lines 418-1-5, 112-196 and 377-1-10 in accordance with $\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$ (respectively 21,11; 20,05 and 13,82) should be considered with the least predictable reaction on change of environmental conditions and the highest ability to enter in interaction with them.

The breeding value is the most suitable complex indicator for the estimation of genotype for connection of quantitative trait size and its stability. In our investigations this proof varied in measures from 7,68 (405-1-5) to 32,92 (417-1-2). The best for this complex index also were breeding lines 369-6-3 (25,82), 279-1-3 (24,61) and Artur variety (22,79).

The breeding lines with b_1 from 1,16 to 2,53 (417-2-2, 359-1-1, 405-1-5, 380-1-9, 400-2-10, 423-1-2, 417-1-2) are considered the highly plastic genotypes intensive type. Among these genotypes the most stable manifestation of trait appeared in 405-1-5, 417-1-2 і 423-1-2 ($S_1^2 = 0,16-2,40$).

According to RVA, the first place in general rating was for breeding line 417-2-2 (8,2). The basic advantages this genotype are high average 1000-grain mass (second place in general rating), general adaptive ability (second place), breeding value (fifth place) and index of plasticity (fourth place).

Key words: oats, breeding line, 1000-grain mass, quantitative trait, plasticity, stability, rating of adaptivity.

Вступ. Розвиток і формування кількісних ознак продуктивності рослин відіграє вирішальну роль у виборі ефективних елементів технології вирощування та сортів зернових культур. Урожайність має дві основні складові: продуктивність однієї рослини та густина стеблостою в посіві. Значно складніше контролювати і прогнозувати продуктивність, оскільки вона є кількісною ознакою, яка має складну структуру й функціональну організацію та контролюється полігенно. Встановлено, що формування складових елементів структури продуктивності рослин залежить від генотипу та умов вирощування [2, 7]. Більшість кількісних ознак рослин визначається дією багатьох пар алелей і впливом факторів зовнішнього середовища [8, 31].

Врожайність є підсумковим інтегральним показником комерційної цінності сорту. Однак формування врожаю – складне багатоступінчасте явище, в якому бере участь багато залежних один

від одного генетично детермінованих процесів на всіх етапах органогенезу, що перебувають під впливом ряду зовнішніх чинників [4].

Враховуючи глобальні кліматичні зміни на Землі, одна з основних проблем, що стоять сьогодні перед сучасною селекцією, – це створення сортів сільськогосподарських рослин з підвищеними адаптивними властивостями, які здатні давати відносно стабільні урожаї зерна належної якості за екстремальних умов вирощування [24]. Аналіз кліматичних факторів виявляє стрімкі зміни погодних умов із значним підвищенням температури і зростанням кількості опадів, що є найбільшим ризиком нестабільності сільськогосподарського виробництва [34]. У зоні Західного Лісостепу України перші ознаки зміни клімату в бік потепління відзначено в кінці 80-х років минулого століття. Останні дванадцять років відзначені значним підвищенням температурного фону в період II декада червня – початок липня [19].

Адаптивність характеризує адекватність, чи відповідність генотипу рослини реальним умовам існування впродовж досить тривалого часу для максимальної реалізації потенційних можливостей [30]. Звідси адаптивний сорт – це екологічно пластичний генотип, що пристосований як до оптимальних, так і мінімальних чи максимальних чинників навколишнього середовища [12]. Встановлено [18], що за певних умов адаптовані сорти часто поступаються за продуктивним потенціалом сортам інтенсивного типу, оскільки перші затрачають значну частину асимілянтів на пристосувальні реакції, а не на формування елементів продуктивності. Актуальним завданням сучасної селекційної науки є створення сортів з максимально ефективним використанням біокліматичного ресурсу конкретного регіону, виявлення толерантності до стресових умов середовища при реалізації генетичного потенціалу. Багато статистичних методів придатні для аналізу стабільності в різних інтерпретаціях. Для одержання достовірної оцінки адаптивного потенціалу сортів доцільно проводити їх екологічне випробування в різноманітних середовищах із використанням різних статистичних та графічних методів оцінки одержаних результатів, що допомагає обрати найбільш врожайні та адаптовані генотипи [1, 28, 36].

Дослідження екологічної адаптивності проводили за різними кількісними ознаками: урожаю зерна [16, 29, 31], насінневої продуктивності [20], урожаю сухої маси [26], кількості зерен з головного колоса [9], довжини стебла [18], а також за комплексом ознак: урожайності та елементів структури врожаю [21], урожайності, маси 1000 зерен та натури зерна [17], кількості зерен з рослини і маси 1000 зерен [6], урожаю та вмісту білка [5], продуктивності рослини, продуктивної кущистості та кількості зерен з рослини [32].

Метою нашої роботи було визначення норми реакції селекційних генотипів вівса на зміну умов зовнішнього середовища за кількісною ознакою “маса 1000 зерен” та їх диференціація за показниками екологічної адаптивності.

Матеріали і методи. Дослідження проводили у 2016–2018 рр. на полях лабораторії селекції зернових та кормових культур в умовах селекційно-насінницької сівозміни Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН. Предметом досліджень були селекційні лінії 112-196 (Львівський 23 / Буг // Обрій), 279-1-3 (Чиж / Ант), 359-1-1 (Komes / Calibre // Ставчанський / Чернігівський 27), 369-6-3 (Ант / Аркан), 407-1 (Крепыш / AC Belmont), 377-1-10 (AC Assinoboia / Zlotnyak), 380-1-9 (Ант / AC Assinoboia), 400-2-10 (ІЗО-14 / Фауст), 405-1-5 (AC Belmont / Крепыш) 417-1-2, 417-2-2 (Багач / Теремок), 418-1-5 (Багач / ІЗО 198-4) 423-1-2 (Теремок / ІЗО-23) та стандартні сорти Закат і Артур. Попередник – озимі зернові, фон мінерального живлення – $N_{60}P_{60}K_{60}$, агротехніка – загальноприйнята для вирощування вівса в зоні досліджень. Облікова площа ділянки – 25 м², повторність – чотириразова. Сівбу проводили селекційною сівалкою СКС-6-10 з апаратом центрального висіву, збирання – комбайном «Сампо-130», обліки та спостереження – згідно з відповідними методиками державного сортопробування [22, 23].

За кількісною ознакою “маса 1000 зерен” визначали пластичність (b_i) і стабільність (S_i^2) – за S. A. Eberhart і W. A. Russel [35]. Статистичну обробку експериментальних даних проводили за допомогою програми Microsoft Excel [32] з визначенням середніх, мінімальних (min), максимальних (max) значень і розмаху варіації (R). Математичну обробку даних проводили дисперсійним методом [10].

Для визначення параметрів середовища, фенотипової стабільності та адаптивного потенціалу використовували методику А. В. Кільчевського, Л. В. Хотильової [14, 15]. Розраховували загальну адаптивну здатність ($ЗАЗ = Vi$), варіансу специфічної адаптивної здатності ($САЗ = \sigma^2 CAZi$), варіансу взаємодії генотипу і середовища ($\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$), коефіцієнт компенсації (K_{gi}) і селекційну цінність генотипу (СЦГ_i). Для характеристики середовища як фону випробування генотипів визначали продуктивність фону ($\mu + dk$), 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}).

Для розрахунку інтегрованого параметра, який включав показники маси 1000 зерен та екологічної адаптивності, визначали рейтинг адаптивності сорту (РАС) [7]. Для ранжування селекційних генотипів вівса (Z) у межах групи використовували методику

непараметричної статистики Дж. У. Снедекора [27]. При ранговій оцінці вище місце при більшому числовому значенні призначали таким показником: маса 1000 зерен, $3A_{zi}$, $СЦГ_i$ та вище місце при меншому числовому значенні: $\sigma^2_{(G+E)gi}$ і $\sigma^2САЗi$. За показником коефіцієнта регресії найвищий ранг мали лінії з $b_i = 1$. Позиція знижувалася у міру віддалення від одиниці як в сторону збільшення, так і зменшення. Показники I_{gi} , K_{gi} не враховували для уникнення критичного зниження питомої ваги основних показників, ранги присвоювали в межах групи сортів.

Метеорологічні умови в перші два роки проведення досліджень характеризувалися недостатньою кількістю опадів в основний період вегетації вівса (травень – червень): 2016 р. – 187,2 і 2017 р. – 164,7 мм за середньої багаторічної 280 мм. Температура повітря в усі місяці вегетації без винятку була вищою за середні багаторічні показники. 2018 р. різко виділявся режимом атмосферного зволоження в основному за рахунок зливових опадів в 2-й декаді червня (+ 65 мм до норми). Підвищений рівень опадів також спостерігали в 3-й декаді червня і 2-й декаді липня. Сума опадів за травень – червень становила 338,5 мм, що на 58,5 мм перевищувало багаторічну норму.

Результати та обговорення. За методикою А. В. Кільчевського, Л. В. Хотильової (1989, 1997) визначали основні параметри, які характеризують середовище для добору генотипів за масою 1000 зерен, а саме типовість, здатність виявляти генотипові відмінності, ефективність середовища для прояву кількісної ознаки. Середня маса 1000 зерен у селекційних генотипів вівса була майже однаковою у 2016 і 2017 рр. – відповідно 32,9 та 32,4 г і вищою у 2018 р. – 35,8 г (табл. 1).

1. Параметри середовища для аналізу екологічної адаптивності генотипів вівса за масою 1000 зерен (2016–2018 рр.)

Середовище (рік)	Середній показник маси 1000 зерен, г, $u+dk$,	Ефект середовища, dk	Взаємодія генотип × середовище, $\sigma^2_{(G \times E)ek}$	Диференціююча здатність середовища, σ^2_{DCC}	Коефіцієнт лінійності, I_{ek}	Відносна диференціююча здатність середовища, $S_{ek}, \%$	Коефіцієнт компенсації, K_{ek}
2016	32,9	-0,80	4,38	21,17	0,21	64,29	1,59
2017	32,4	-1,29	7,86	13,25	2,16	40,84	1,00
2018	35,8	2,10	4,74	22,18	1,01	61,90	1,67

Ефект середовища за аналізованою кількісною ознакою визначається відхиленням середнього значення ознаки всіх генотипів від середнього значення в популяції. Негативними ефектами середовища виділялися 2016 і 2017 рр. (-0,80; -1,29), тоді як у 2018 р. спостерігали позитивне високе значення (2,10). Взаємодія генотип \times середовище була найвищою у 2017 р. (7,86), але цей рік характеризувався нижчою диференціюючою здатністю (13,25). Відносна диференціююча здатність середовища дозволяє порівнювати результати досліджень. У нашому випадку вона була приблизно однаковою у 2016 та 2018 рр. (64,29 і 61,90 %) та меншою у 2017 р. (40,84 %). Відношення взаємодії генотип \times середовище до диференціюючої здатності середовища визначається як коефіцієнт нелінійної реакції. Мінливість середовища мала лінійний характер у 2018 р. – 1,01. Більшими ефектами дестабілізації відзначалися погодні умови у 2016 і 2018 рр. ($K_{ек} = 1,59-1,67$), а 2017 р. характеризувався ефектами стабілізації ($K_{ек} = 1,00$). Отже, умови двох років досліджень потрібно вважати аналізуючими, а 2017 р. – стабілізуючими.

Урожайність вівса залежить від елементів продуктивності, а саме: кількості продуктивних стебел на одиниці площі, кількості та маси зерен у волоті та маси 1000 зерен. Якість зерна вівса визначається згідно з ДСТУ 4693:2008 [11], а основними контрольованими показниками цього стандарту є натура зерна та вміст білка. Маса 1000 зерен характеризує крупність та вирівняність зерна і для продовольчого півчастого зерна має бути в межах 20–32 г. Встановлено, що цей показник тісно пов'язаний з урожайними властивостями, належить до сортових ознак, залежить від генетичних особливостей і значно змінюється під впливом умов вирощування [3, 13].

Результати дисперсійного аналізу показали, що експериментальні фактори мали суттєвий вплив на прояв ознаки “маса 1000 зерен”. Найбільший вплив на досліджувану кількісну ознаку мав генотип селекційних ліній (63,6 %), екологічний градієнт становив лише 9,6 і взаємодія факторів досягала 22,4 %. Переважаючий вплив генотипових особливостей пояснюється присутністю у дослідженнях півчастих та голозерних форм вівса, різниця між якими у розвитку ознаки досить значна.

Середня маса 1000 зерен найвищого значення досягла у 2018 р. (35,8 г) з варіюванням від 27,4 (407-1) до 42,2 г (400-2-10). Селекційна лінія 400-2-10 відзначилася найвищим показником ознаки в середньому за 2016–2018 рр. (37,7 г). Дещо нижчі значення маси 1000 зерен у середньому за три роки були у лінії 417-2-2 та сорту Закат – відповідно 36,8 і 36,6 г. Загалом у дослідженнях чотири генотипи вівса

мали зерно з масою 1000 зерен більше 36,0 г, а у двох голозерних генотипів 407-1 і 405-1-5 цей показник не досягав 26,5 г (табл. 2).

2. Норма реакції селекційних генотипів вівса за ознакою "маса 1000 зерен" (2016–2018 рр.)

Сорт, селекційний номер	Маса 1000 зерен, г				Статистичні параметри		
	2016	2017	2018	X	R, г	V, %	σ
Закат	38,7	32,8	38,3	36,6	5,9	7,4	2,7
Артур	33,1	37,4	35,6	35,4	4,3	5,0	1,8
112-196	39,7	30,4	36,8	35,6	9,3	10,9	3,9
279-1-3	33,1	33,6	36,2	34,3	3,1	4,0	1,4
359-1-1	30,7	33,6	36,2	33,5	5,5	6,7	2,2
369-6-3	35,9	33	35,3	34,7	2,9	3,6	1,2
407-1	24,2	25,9	27,4	25,8	3,2	5,1	1,3
377-1-10	28,0	33,0	29,3	30,1	5,0	7,0	2,1
380-1-9	31,5	34,2	40,2	35,3	8,7	10,3	3,6
400-2-10	38,5	32,5	42,2	37,7	9,7	10,6	4,0
405-1-5	25,2	23,8	29,9	26,3	6,1	9,9	2,6
417-1-2	35,4	32,1	41,3	36,3	9,2	10,5	3,8
417-2-2	33,7	37,2	39,4	36,8	5,7	6,4	2,3
418-1-5	31,4	35,5	29,7	32,2	5,8	7,6	2,4
423-1-2	34,8	31,6	39,6	35,3	8,0	9,3	3,3
HP ₀₅	0,65	0,52	0,70				
X	32,9	32,4	35,8	33,7	3,4	7,6	2,6
min	24,2	23,8	27,4	25,8	2,9	3,6	1,2
max	39,7	37,4	42,2	37,7	9,7	10,9	4,0
R	15,5	13,6	14,8	11,9	6,8	7,3	2,8

Примітка. R – розмах варіації, г; X – середній показник маси 1000 зерен, г; V – коефіцієнт варіації, %; σ – стандартне відхилення.

Розмах варіації, коефіцієнт варіації та стандартне відхилення свідчать про різні норми реакції генотипів вівса на зміну умов вирощування. Найвищий розмах варіації за ознакою "маса 1000 зерен" продемонстрували селекційні лінії 400-2-10, 112-196 і 417-1-2 – відповідно 9,7; 9,3 і 9,2 г. Згідно з коефіцієнтом варіації у цих генотипів зафіксовано середню мінливість маси 1000 зерен, тобто вище 10,0 %. У всіх інших досліджуваних генотипів вівса мінливість ознаки незначна, тобто менше 10,0 %.

Загальна адаптивна здатність характеризує середнє значення кількісної ознаки у всіх екоградієнтах, тоді як специфічна адаптивна

здатність є мірою стабільності генотипу за аналізованою ознакою, або відхилення від ЗАЗ у певному середовищі. Загальна адаптивна здатність здебільшого виявилася вищою у генотипів з високими значеннями маси 1000 зерен: 400-2-10, 417-2-2, с. Закат, 112-196 – відповідно 4,00; 3,04; 2,87 і 1,90. Варіанса взаємодії генотипу і середовища, яка стосується одного генотипу, характеризує типовість норми реакції генотипу, а також можливість передбачення реакції на середовище. Селекційні лінії 418-1-5, 112-196 і 377-1-10 згідно з показником $\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$ (відповідно 21,11; 20,05 і 13,82) потрібно вважати з найменш передбачуваною реакцією на зміну умов середовища і найвищою здатністю вступати у взаємодію з ними (табл. 3).

Ступінь стабільності генотипів вівса за кількісною ознакою у широкому розумінні можна оцінити за варіансою специфічної адаптивної здатності (σ^2_{CAZi}), нижчі її значення означають більшу стабільність. Найвищою стабільністю відзначалися селекційні лінії 279-1-3, 407-1 і 405-1-5 – відповідно 0,27; 1,41 і 1,90.

3. Параметри екологічної адаптивності селекційних генотипів вівса за ознакою "маса 1000 зерен" (2016–2018 рр.)

Сорт, селекційний номер	ЗАЗ _i	σ^2_{CAZi}	$\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$	K_{Ei}	СЦГ _i	b_i	S_i^2
Закат	2,87	10,87	7,43	3,24	17,38	1,07	14,9
Аргур	1,64	4,66	8,34	1,39	22,79	0,01	9,3
112-196	1,90	22,64	20,05	6,76	7,89	0,94	40,0
279-1-3	0,57	2,77	0,27	0,83	24,61	0,92	0,5
359-1-1	-0,23	7,57	3,14	2,26	17,46	1,21	6,1
369-6-3	1,00	2,34	3,20	0,70	25,82	0,42	3,8
407-1	-7,93	2,57	1,41	0,77	16,46	0,71	2,1
377-1-10	-3,63	6,73	13,82	2,01	14,98	-0,51	11,4
380-1-9	1,57	19,83	8,43	5,92	9,34	2,25	7,3
400-2-10	4,00	23,96	11,80	7,15	9,20	2,37	12,1
405-1-5	-7,43	10,21	1,90	3,05	7,68	1,78	0,2
417-1-2	2,54	0,33	8,44	0,10	32,92	2,53	2,2
417-2-2	3,04	8,26	4,19	2,46	20,02	1,16	8,3
418-1-5	-1,53	8,89	21,11	2,65	14,82	-1,27	6,1
423-1-2	1,60	16,21	5,36	4,84	11,86	2,17	2,4

Комплексним показником, найбільш придатним для оцінки генотипу за поєднанням величини кількісної ознаки і її стабільності, є селекційна цінність генотипу (СЦГ_i). У наших дослідженнях цей показник коливався в межах від 7,68 (405-1-5) до 32,92 (417-1-2). Кращими за цим комплексним показником були також селекційні лінії 369-6-3 (25,82), 279-1-3 (24,61) і сорт Артур (22,79).

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. Лише генотипи 417-1-2, 369-6-3, 407-1 і 279-1-3 характеризувалися компенсуючими ефектами ($K_{gi} = 0,10-0,83$), а в більшості генотипів переважають дестабілізуючі ефекти ($K_{gi} = 1,39-7,15$). При доборі стабільних генотипів за ознакою “маса 1000 зерен” варто надавати перевагу з $K_{gi} < 1$.

Для характеристики екологічної стійкості найбільш поширеними в селекційній практиці є два показники – пластичність і стабільність. Пластичність характеризує коефіцієнт регресії (r_i , в інших дослідників позначається як b або b_i), а стабільність – середнє квадратичне відхилення (варіанса S_i^2 або S^2) фактичних показників від теоретично очікуваних за регресією [7]. У наших дослідженнях високопластичними генотипами інтенсивного типу за ознакою “маса 1000 зерен” вважаються селекційні лінії з b_i від 1,16 до 2,53 (417-2-2, 359-1-1, 405-1-5, 380-1-9, 400-2-10, 423-1-2, 417-1-2). Серед вказаних генотипів найбільш стабільний прояв ознаки відзначено у 405-1-5, 417-1-2 і 423-1-2 ($S_i^2 = 0,16-2,40$). Селекційні лінії з коефіцієнтами регресії в межах 0,92–1,07 досить стримано реагують на зміну умов середовища (279-1-3, 112-196, с. Закат) і вважаються середньопластичними за масою 1000 зерен. Генотипи вівса с. Артур, 369-6-3, 407-1 слабо реагували на чинники зовнішнього середовища і забезпечували досить високу стабільність.

Аналіз генотипів вівса показує, що вони мають різну адаптивну здатність та стабільність. Ранги за показниками адаптивності присвоювали в межах групи сортів (табл. 4).

Згідно з РАС перше місце в загальному рейтингу за селекційною лінією 417-2-2 (8,2). Основні переваги цього генотипу: висока середня маса 1000 зерен (друге місце у загальному рейтингу), загальна адаптивна здатність (друге місце), селекційна цінність (п’яте місце) та показник пластичності (четверте місце).

Друге місце у рейтингу за селекційною лінією 279-1-3 (6,6), яка незважаючи на посередні показники X та $3A3_i$ (10 місце), вийшла в лідери за рахунок високих значень $\sigma^2_{(G+E)gi}$, $\sigma^2_{CA3(i)}$, СЦГ_i та b_i (1–4 місця).

4. Рейтинг адаптивності селекційних генотипів вівса за ознакою "маса 1000 зерен" (2016–2018 рр.)

Сорт, селекційний номер	Ранги за показниками						Середній ранг	X / середній ранг	РАС
	X	ЗАЗ _i	σ^2 САЗ _i	$\sigma^2_{(G \times B)ij}$	СЦГ _i	b _i			
Закат	3	3	11	8	7	2	5,7	6,4	3
Артур	6	6	5	9	4	9	6,5	5,4	6
112-196	5	5	14	14	14	1	8,8	4,1	9
279-1-3	10	10	4	1	3	3	5,2	6,6	2
359-1-1	11	11	7	4	6	5	7,3	4,9	7
369-6-3	9	9	2	5	2	7	5,7	6,1	5
407-1	15	15	3	2	8	6	8,2	3,1	12
377-1-10	13	13	6	13	9	14	11,3	2,7	13
380-1-9	8	8	13	10	12	11	10,7	3,3	11
400-2-10	1	1	15	12	13	12	9,0	4,2	8
405-1-5	14	14	10	3	15	8	10,7	2,5	15
417-1-2	4	4	1	11	1	13	5,7	6,4	4
417-2-2	2	2	8	6	5	4	4,5	8,2	1
418-1-5	12	12	9	15	10	15	12,2	2,6	14
423-1-2	7	7	12	7	11	10	9,0	4,0	10

Стандартний сорт Закат (6,4) опинився на 3-му місці через високі показники маси 1000 зерен, загальної адаптивної здатності та пластичності кількісної ознаки. Селекційна лінія 417-1-2 з таким самим значенням РАС (6,4) була поставлена на 4-те місце у зв'язку з нижчим значенням маси 1000 зерен. Основними перевагами зазначеної лінії була першість у рейтингу за варіансою специфічної адаптивної здатності та селекційної цінності. Отже, за параметрами РАС кращими стали генотипи вівса з різними високими показниками як абсолютної величини кількісної ознаки, так і її пластичності та стабільності.

Висновки. Результати дисперсійного аналізу показали, що досліджувані фактори мали суттєвий вплив на прояв ознаки "маса 1000 зерен". Найбільший вплив на досліджувану кількісну ознаку мав генотип селекційних ліній (63,6 %), екологічний градієнт становив лише 9,6, а взаємодія факторів досягала 22,4 %. Середня маса 1000 зерен у генотипів вівса найвищого значення досягла у 2018 р. (35,8 г) з варіюванням від 27,4 (407-1) до 42,2 г (400-2-10). Селекційна лінія 400-2-10 відзначилася найвищим показником ознаки в середньому за 2016–

2018 рр. (37,7 г). Дещо нижчі значення маси 1000 зерен у середньому за три роки були у лінії 417-2-2 та сорту Закат – відповідно 36,8 і 36,6 г. Найвищий розмах варіації за ознакою продемонстрували селекційні лінії 400-2-10, 112-196 і 417-1-2 – відповідно 9,7; 9,3 і 9,2 г. Згідно з коефіцієнтом варіації у цих генотипів зафіксовано середню мінливість маси 1000 зерен, тобто вище 10,0 %.

Розрахунок рейтингу адаптивності на перше місце поставив селекційну лінію 417-2-2 (8,2). Основні переваги цього генотипу: висока середня маса 1000 зерен (друге місце у загальному рейтингу), загальна адаптивна здатність (друге місце), селекційна цінність (п'яте місце) та показник пластичності (четверте місце). Друге місце у рейтингу за селекційною лінією 279-1-3 (6,6), яка незважаючи на посередні показники X та $ЗАЗ_i$ (10 місце), вийшла в лідери за рахунок високих значень $\sigma^2_{(G+E)gi}$, $\sigma^2САЗ(i)$, $СЦГ_i$ та b_i (1–4 місця). Отже, за параметрами РАС кращими стали генотипи вівса з різними високими показниками як абсолютної величини кількісної ознаки, так і її пластичності та стабільності.

Список використаної літератури:

1. Багатосередовищні випробування ячменю ярого за врожайністю та стабільністю / О. А. Демидов та ін. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2017. Т. 13, № 4. С. 343–350. DOI: 10.21498/2518-1017.13.4.2017.117727.
2. Беліков Є. І., Альошин А. В., Купріченко Т. Г. Селекційна цінність тест-крів в різних екологічних умовах. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2002. № 18/19. С. 35–38.
3. Буняк О. І. Особливості формування технологічних показників зерна півчастого та голозерного вівса (*Avena sativa* L.). *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2013. № 3. С. 41–44.
4. Васильківський С. П., Кочмарський В. С. Селекція і насінництво польових культур. Миронівка, 2016. 376 с.
5. Василюк П. М. Оцінка стабільності і пластичності показників продуктивності та якості нових сортів пшениці м'якої озимої в умовах Лісо-stepу України. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2014. № 1. С. 15–18.
6. Ващенко В. В., Шевченко О. О. Адаптивність і стабільність сортів ячменю ярого за показниками продуктивності. *Вісник Дніпро-*

References:

1. Spring barley integrated testing for yielding and stability / O. A. Demydov et al. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslin*. 2017. Vol. 13, No 4. P. 343–350. DOI: 10.21498/2518-1017.13.4.2017.117727.
2. Bielikov Ye. I., Alosyn A. V., Kuprichenkova T. H. The breeding value of test-crosses in different environmental conditions. *Biuletyn Instytutu zernovoho hospodarstva*. 2002. No 18/19. P. 35–38.
3. Buniak O. I. Peculiarities of grain technological indices establishment for coated and naked grain oats (*Avena sativa* L.). *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslin*. 2013. No 3. P. 41–44.
4. Vasylykivskiy S. P., Kochmarskiy V. S. Plant breeding and seed-bearing of field crops. Myronivka, 2016. 376 p.
5. Vasyliuk P. M. Assessment of the stability and plasticity of productivity indices and quality of new soft winter wheat varieties under the conditions of Forest Steppe of Ukraine. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslin*. 2014. No 1. P. 15–18.
6. Vashchenko V. V., Shevchenko O. O. Adaptability and stability of spring barley varieties in terms of productivity. *Visnyk Dnipropetrovskoho DAEU*. 2015. No 1 (11). P. 11–15.

петровського ДАЕУ. 2015. № 1 (11). С. 11–15.

7. Власенко В. А. Оцінка адаптивності сортів пшениці м'якої ярої. *Сортівчення та охорона прав на сорти рослин*. 2006. № 4. С. 93–103.

8. Гордієнко В. І. Успадкування та мінливість окремих господарсько цінних ознак гібридами F₃, F₄ сої в умовах зрощення. *Зрощуване землеробство*. 2009. Вип. 52. С. 73–80.

9. Гудзенко В. М., Василенко Н. В. Стабільність та пластичність колекційних зразків ячменю ярого за кількістю зерен з головного колоса. *Вісник Сумського НАУ. Серія "Агрономія і біологія"*. 2012. Вип. 9 (24). С. 161–165.

10. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 4-е, перераб. и доп. Москва, 1979. 416 с.

11. ДСТУ 4693:2008. Овес. Технічні умови : Видання офіційне. [Чинний від 2010-07-01]. Київ, 2010. 10 с.

12. Жученко А. А. Мобілізація генетических ресурсів цветковых растений на основе их идентификации и систематизации. Москва, 2012. 581 с.

13. Качанова Т. В. Удосконалена технологія вирощування вівса та її вплив на основні показники продуктивності культури. *Наукові праці Чорноморського ДУ ім. Петра Могили комплексу "Києво-Могилянська академія"*. Серія : *Екологія*. 2015. Т. 256, вип. 244. С. 70–73.

14. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Генотип и среда в селекции растений. Минск, 1989. 191 с.

15. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Экологическая селекция растений. Минск, 1997. 372 с.

16. Коблай С. В. Адаптивний потенціал різних за морфотипом сортів гороху в умовах Півдня України. *Селекція і насінництво*. 2016. Вип. 110. С. 82–90.

17. Коломієць Л. А., Кириленко В. В., Маринка С. М. Формування показників адаптивності (урожайності, маси 1000 зерен та натури зерна) ліній пшениці озимої залежно від гідротермічних умов в зоні Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2012. Вип. 102. С. 22–29.

7. Vlasenko V. A. Estimation of adaptive of bread spring wheat varieties. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslin*. 2006. No 4. P. 93–103.

8. Hordienko V. I. Inheritance and variability of individual economically valuable traits of soybean F₃, F₄ hybrids under irrigation conditions. *Zroshuvane zemlerobstvo*. 2009. Issue 52. P. 73–80.

9. Hudzenko V. M., Vasylenko N. V. Stability and plasticity of spring barley samples by number of grains from the main ear. *Visnyk Sumskoho NAU. Seria "Ahronomiia i biolohiia"*. 2012. Issue 9 (24). P. 161–165.

10. Dosphehov B. A. Methodology of field experiment (with basics of statistical processing of research results). 4th ed. Moscow, 1979. 416 p.

11. DSTU 4693:2008. Oat. Specifications : Official publication. [Effective since 2010-07-01]. Kyiv, 2010. 10 p.

12. Zhuchenko A. A. Mobilization of the genetic resources of flowering plants based on their identification and systematization. Moscow, 2012. 581 p.

13. Kachanova T. V. Improved oat growing technology and its impact on key crop productivity indicators. *Naukovi pratsi Chornomorskoho DU im. Petra Mohyly kompleksu "Kyievo-Mohylianska akademiia"*. Seria : *Ekolohiia*. 2015. Vol. 256, Issue 244. P. 70–73.

14. Kil'chevskij A. V., Hotyleva L. V. Genotype and environment in plant breeding. Minsk, 1989. 191 p.

15. Kil'chevskij A. V., Hotyleva L. V. Ecological plant breeding. Minsk, 1997. 372 p.

16. Koblai S. V. Adaptive potential of pea varieties with different morphotypes in Southern Ukraine. *Selektsiia i nasinnytstvo*. 2016. Issue 110. P. 82–90.

17. Kolomiets L. A., Kyrilenko V. V., Marynka S. M. Formation of adaptability indicators (yields, mass of 1000 grains and grain nature) of winter wheat lines depending on hydrothermal conditions in the Forest-Steppe zone of Ukraine. *Selektsiia i nasinnytstvo*. 2012. Issue 102. P. 22–29.

18. Kolupaev Ju. E., Karpec Ju. V. The formation of adaptive reactions of plants to the action of abiotic stressors. Kyiv, 2010.

18. Колупаев Ю. Е., Карпец Ю. В. Формирование адаптивных реакций растений на действие абиотических стрессоров. Киев, 2010. 352 с.
19. Кулька В., Самець Н. Аналіз зміни кліматичних умов в Західному Лісостепу України та їх вплив на завдання селекції. *Стан і перспективи розвитку селекції в умовах змін клімату* : збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції (м. Херсон, 23 лют. 2018 р.). Херсон : ІЗ НААН, 2018. С. 107–110.
20. Левченко Т. М., Байдок Т. О. Екологічна пластичність та стабільність колекційних зразків люпину білого. *Збірник наукових праць ННЦ "Інститут землеробства НААН"*. 2016. Вип. 34. С. 187–196.
21. Лозинський М. В. Адаптивна здатність селекційних номерів пшениці м'якої озимої за довжиною стебла. *Миронівський вісник*. 2018. № 7. С. 77–91.
22. Методика державного сорто випробування сортів на придатність до поширення в Україні : Загальна частина. *Охорона прав на сорти рослин* : офіційний бюлетень. 2003. Вип. 1, ч. 3. 106 с.
23. 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.
24. Молодченкова О., Ришчакова О., Богданович І. Адаптаційні реакції рослин сільськогосподарських культур за впливу біотичних та абіотичних чинників. *Стан і перспективи розвитку селекції в умовах змін клімату* : збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції (м. Херсон, 23 лют. 2018 р.). Херсон : ІЗ НААН, 2018. С. 123–125.
25. Особливості формування врожайності та прояв ознак продуктивності у сортів пшениці озимої в умовах Південного Степу / В. В. Базалій та ін. *Таврійський науковий вісник*. 2017. Вип. 97. С. 3–12.
26. Сапега В. А. Потенциал продуктивности и экологическая пластичность сортов овса на корм. 352 p.
19. Kulka V., Samets N. Analysis of climate change in the Western Forest Steppe of Ukraine and their impact on breeding tasks. *Стан і перспективи розвитку селекції в умовах змін клімату* : збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції (м. Херсон, 23 лют. 2018 р.). Херсон : ІЗ НААН, 2018. P. 107–110.
20. Levchenko T. M., Baidiuk T. O. Ecological plasticity and stability of white lupine collection specimens. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs "Instytut zemlerobstva NAAN"*. 2016. Issue 34. P. 187–196.
21. Lozinskiy M. V. Adaptive ability of breeding lines of bread winter wheat by stem length. *Myronivskiy visnyk*. 2018. No 7. S. 77–91.
22. Methods of state variety testing for suitability for distribution in Ukraine : Common part. *Okhorona prav na sorty roslin* : ofitsiyniy biuletten. 2003. Issue 1, ch. 3. 106 p.
23. Methods of examination and state testing of plants varieties of crops, cereals and legumes. *Okhorona prav na sorty roslin* : ofitsiyniy biuletten. 2003. Issue 2, ch. 3. 214 p.
24. Molodchenkova O., Ryshchakova O., Bohdanovych I. Adaptation responses of crops under the influence of biotic and abiotic factors. *Стан і перспективи розвитку селекції в умовах змін клімату* : збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції (м. Херсон, 23 лют. 2018 р.). Херсон : ІЗ НААН, 2018. P. 123–125.
25. Specific features of yield formation and manifestation of productivity traits of winter wheat varieties under the conditions of the Southern Steppe / V. V. Bazalii et al. *Tavriiskiy naukoviy visnyk*. 2017. Issue 97. P. 3–12.
26. Sapega V. A. Potential of productivity and ecological plasticity of the oats variety for fodder. *Vestnik OmGAU*. 2016. No 4 (24). P. 34–39.
27. Snedecor G. W. Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology / transl. by V. N. Peregudova. Moscow, 1961. 503 p.
28. Solonechnyi P. M. Assessment of adaptive capacity and stability of spring

Вестник ОмГАУ. 2016. № 4 (24). С. 34–39.

27. Снедекор Дж. У. Статистические методы в применении к исследованиям в сельском хозяйстве и биологии / пер. с англ. В. Н. Перегудова. Москва, 1961. 503 с.

28. Солонечний П. М. Оцінка адаптивної здатності та стабільності сортів ячменю ярого за продуктивністю. *Вісник Полтавської ДАА*. 2014. № 4. С. 48–53.

29. Федько М. М. Адаптивний потенціал та екологічна стабільність простих гібридів кукурудзи (*Zea mays* L.). *Бюлетень Інституту зернового господарства степової зони НААН України*. 2010. № 39. С. 161–166.

30. Фізіолого-біохімічні аспекти адаптації сільськогосподарських рослин до комплексної дії факторів середовища / О. М. Вінниченко та ін. Дніпропетровськ, 2011. 224 с.

31. Хоменко С. О., Федоренко І. В., Федоренко М. В. Гомеостатичність та селекційна цінність колекційних зразків пшениці м'якої ярої для умов Лісостепу України. *Миронівський вісник*. 2016. Вип. 3. С. 85–93.

32. Штефан О. О., Єгоров Д. К. Адаптивні особливості зразків жита озимого за продуктивністю та її елементами. *Селекція і насінництво*. 2014. Вип. 105. С. 166–172.

33. Яковлев В. Б. Статистика. Расчеты в Microsoft Excel. Москва, 2005. 352 с.

34. Denisow B., Malinowski D. P. Climate change and the future of our world – implications for plant phenology, physiology, plant communities, and crop management. *Acta Agrobotanica*. 2016. Vol. 69, No 2. P. 1–4. DOI: 10.5586/aa.1683.

35. Eberhart S. A., Russel W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci*. 1966. № 6. P. 36–40.

36. Gasura E., Setimela P. S., Souta M. S. Evaluation of the performance of sorghum genotypes using GGE biplot. *Can. J. Plant Sci*. 2015. Vol 95. P. 1205–1214. DOI: 10.4141/CJPS-2015-119.

barley varieties by productivity. *Visnyk Poltavskoi DAA*. 2014. No 4. P. 48–53.

29. Fedko M. M. Adaptive potential and ecological stability of simple maize hybrids (*Zea mays* L.). *Biuletyn Instytutu zernovoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy*. 2010. No 39. P. 161–166.

30. Physiological and biochemical aspects of agricultural plants adaptation to the complex influence of environmental factors / O. M. Vinnychenko et al. Dnipropetrovsk, 2011. 224 p.

31. Khomenko S. O., Fedorenko I. V., Fedorenko M. V. Homeostasis and selective value of collection accessions of bread spring wheat for conditions of Forest-steppe of Ukraine. *Myronivskyi visnyk*. 2016. Issue 3. P. 85–93.

32. Shtefan O. O., Yehorov D. K. Adaptive peculiarities of winter rye samples productivity and its elements. *Seleksiia i nasinnnytstvo*. 2014. Issue 105. P. 166–172.

33. Jakovlev V. B. Statistics. Calculations in Microsoft Excel. Moscow, 2005. 352 p.

34. Denisow B., Malinowski D. P. Climate change and the future of our world – implications for plant phenology, physiology, plant communities, and crop management. *Acta Agrobotanica*. 2016. Vol. 69, No 2. P. 1–4. DOI: 10.5586/aa.1683.

35. Eberhart S. A., Russel W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci*. 1966. No 6. P. 36–40.

36. Gasura E., Setimela P. S. Souta M. S. Evaluation of the performance of sorghum genotypes using GGE biplot. *Can. J. Plant Sci*. 2015. Vol. 95. P. 1205–1214. DOI 10.4141/CJPS-2015-119.

Отримано 09.09.2019