DOI: https://www.doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-1-7
УДК 633.13:631.52

А. Я. МАРУХНЯК, В. І. ПУЩАК, кандидати сільськогосподарських наук
Ю. А. ЛІСОВА, молодший науковий співробітник
Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине Пустомитівського р-ну
Львівської обл., 81115, e-mail: anmarukhnyak@gmail.com

АДАПТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СЕЛЕКЦІЙНИХ ГЕНОТИПІВ ВІВСА ЗА ДОВЖИНОЮ СТЕБЛА

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 12 селекційних ліній вівса з голозерним і плівчастим зерном та стандартні сорти Закат і Артур.

Метою нашої роботи було визначення впливу змін умов зовнішнього середовища на прояв, мінливість та адаптивні особливості довжини стебла у рослин селекційних генотипів вівса.

За кількісною ознакою "довжина стебла" визначали пластичність і стабільність. 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 визначення фенотипової стабільності та адаптивного потенціалу генотипів вівса розраховували загальну адаптивну здатність, варіанси специфічної адаптивної здатності та взаємодії генотипу і середовища, коефіцієнт компенсації і селекційну цінність.

Для розрахунку інтегрованого параметра, який включав показники довжини стебла та екологічної адаптивності, визначали рейтинг адаптивності сорту (РАС). Для характеристики середовища як фону випробування генотипів визначали продуктивність фону, ефект середовища, взаємодію генотип × середовище, диференціюючу здатність, коефіцієнти лінійності та компенсації, відносну диференціюючу здатність середовища.

Результати проведеного двофакторного дисперсійного аналізу показали високі достовірні відмінності між ефектами років, генотипів та їх взаємодії за кількісною ознакою "довжина стебла". Найбільший вплив на досліджувану ознаку мали умови року (59,4 %), генотип селекційних ліній становив 24, 3 %, а взаємодія факторів досягала 15,4 %. Середня довжина стебла у генотипів вівса найвищих значень досягла у 2018 р. (103,4 см) з варіюванням від 93,5 (279-1-3) до 119,1 см (417-1-2). Найменшу середню довжину стебла було зафіксовано у 2016 р. (87,0 см) з 70,0 (369-6-3) до 95,4 см (423-1-2). В середньому за три роки більшість досліджуваних генотипів вівса (дев'ять)

мали довжину стебла менше 100 см, а найменшою довжиною відзначилися лінії 407-1; 359-1-1 і 369-6-3 – відповідно 90,9; 91,3 і 91,5 см.

Найвищий розмах варіації за ознакою "довжина стебла" продемонстрували селекційні лінії 369-6-3; 377-1-10 і 380-1-9 – відповідно 33,4; 27,4 і 24,7 см. Згідно з коефіцієнтом варіації у цих генотипів зафіксовано значну (V = 20,4 %) та середню мінливість ознаки (V = 14,2 і 12,4 %). У шести досліджуваних генотипів вівса мінливість довжини стебла незначна, тобто менше 10,0 %. Селекційні лінії 279-1-3 та 359-1-1 низьку варіабельність ознаки поєднують з нижчою висотою рослин – відповідно 93,7 і 91,3 см.

У результаті проведення досліджень адаптивних особливостей селекційних ліній вівса за ознакою "довжина стебла" встановлено, що високопластичними генотипами інтенсивного типу за досліджуваною ознакою вважаються селекційні лінії з b_i від 1,15 до 2,00 (с. Артур; 417-1-2; 400-2-10; 369-6-3; 377-1-10 і 380-1-9). Серед зазначених генотипів найбільш стабільний прояв ознаки виявився у 400-2-10 (S_i^2 = 2,63) і 369-6-3 (S_i^2 = 5,58). Селекційні лінії з коефіцієнтами регресії в межах 0,96–1,06 досить стримано реагують на зміну умов середовища (407-1; 112-196 і с. Закат) і вважаються середньопластичними за довжиною стебла.

Перше місце в загальному рейтингу адаптивності за селекційною лінією 417-1-2 (20,2). Основні переваги цього генотипу: перші місця за варіансою специфічної адаптивної здатності та селекційною цінністю генотипу та друге місце за загальною адаптивною здатністю. Проте важливим чинником високої адаптивної здатності цього генотипу був прояв кількісної ознаки (X = 107,0 см), що має скоріше негативний вплив у формуванні бажаного морфотипу рослин вівса.

Ключові слова: овес, генотип, селекційна лінія, довжина стебла, кількісна ознака, пластичність, стабільність, рейтинг адаптивності.

Marukhnyak A., Pushchak V., Lisova Y. Adaptive features of oats breeding genotypes for stem length

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 12 oats breeding lines with husked and naked grain and standard varieties Zakat and Artur.

The purpose of our work was the determination of influence changes of conditions environment on manifestation, variability and adaptive features in plants of oats breeding genotypes for stem length.

There are plasticity and stability defined for quantitative trait "stem length." 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). The mathematical processing of data was carried out by the dispersive method.

The general adaptive ability, variance of adaptive ability, variances specific adaptive ability and interaction of genotype and environment, coefficient of compensation and breeding value were calculated for determination of phenotypic

stability and adaptive potential of oats genotypes. For calculation of the integrated parameter which included indices of stem length and ecologic adaptivity, it was determined the rating of variety adaptivity (RVA). The background productivity, environment effect, interaction genotype x environment, differentive ability, coefficient linearity and compensation, relative differentiative ability of environment were determined for characteristic of environment as background of genotypes test.

The results of two-factors dispersive analysis were shown high reliable differences between effects of years, genotypes and its interaction for the quantitative trait "stem length." The highest influence on investigated trait had year conditions 59,4 %, genotype of breeding lines was 24,3 %, and interaction of factors – 15,4 %. The average stem length in oats genotypes reached the highest meanings in 2018 (103,4 cm) with variation from 93,5 (279-1-3) to 119,1 cm (417-1-2). The least average stem length was fixed in 2016 (87,0 cm) with fluctuations from 70,0 (369-6-3) to 95,4 cm (423-1-2). The majority of studied oats genotypes (nine) on average for three years had stem length less of 100 cm, but the least length marked lines 407-1; 359-1-1 and 369-6-3, respectively 90,9, 91,3 and 91,5 cm.

The highest variation scope for the trait "stem length" demonstrated the breeding lines 369-6-3; 377-1-10 and 380-1-9, respectively 33,4 27,4 and 24,7 cm. In these genotypes was fixed significant (V = 20,4 %) and medium (V = 14,2 %) trait variability according to coefficient of variation. In six studied oats genotypes, the variability of stem length was insignificant, that was less than 10 %. The breeding lines joined the low variability of the trait with lower plants hight, respectively 93,7 and 91,3 cm.

In results of conducted research of adaptive features of oats breeding lines for trait "stem length", it was established that high plastic genotypes of intensive type for investigated trait considered the breeding lines with b_i from 1,15 to 2,00 (var. Artur; 417-1-2; 400-2-10; 369-6-3; 377-1-10 and 380-1-9). Among mentioned genotypes the largest stable manifestation of trait showed in 400-2-10 (S_i^2 = 2,63) and 369-6-3 (S_i^2 = 5,58). The breeding lines with a coefficient of regression in ranges 0,96–1,06 reacted rather moderately on change of environment conditions (407-1; 112-196 and var. Zakat) and considered medium plastic for stem length.

The first place in general rating of adaptivity was for breeding line 417-1-2 (20,2). The basic advantages this genotype are: the first places for an variance of specific adaptive ability and breeding value of genotype and second place for general adaptive ability. However, the important factor of high adaptive ability this genotype was the manifestation of the quantitative trait (X = 107,0 cm) that had a rather negative influence at formation of the desirable morphotype of oats plant.

Key words: oats, genotype, breeding line, length of stem, quantitative trait, plasticity, stability, rating of adaptivity.

Вступ. З кожним роком відбувається скорочення посівних площ вівса у світі та Україні. Останніми роками загальне виробництво вівса стабілізувалося в світі на рівні 22,5–22,8 млн т, посівні площі – 9,3 млн га, а середня урожайність коливалася від 2,35 до 2,47 т/га. За даними Держстату, Україна у 2018 р. зібрала близько 440 тис. т зерна

вівса, експорт становив лише 1,5 % цього обсягу. Збільшення попиту на продукти харчування, що містять овес, активізують світову торгівлю зерном цієї культури. Так, за даними аналізу спеціалізованого звіту "Grain: World Markets and Trade" (за матеріалами USDA), Україна в січні – листопаді 2018 р. експортувала 6,4 тис. т зерна на 1,4 млн доларів. Основними імпортерами українського вівса були Індія (2,3 тис. т), Пакистан (1,07 тис. т), Швейцарія (0,75 тис. т) та Польща (0,57 тис. т).

Одночасно із процесом скорочення посівних площ та обсягів вирощування постійно розширюється використання зерна вівса для виробництва цінних харчових продуктів. Їх споживання надзвичайно корисне для організму людини завдяки вмісту поживних речовин [13, 35, 36]. Зерно вівса має протеїн високої якості та збалансованого складу, антиоксиданти, високий вміст жирів, особливо ненасичених жирних кислот, розчинні дієтичні волокна, вітаміни, мінерали, високоцінну клітковину [16, 22, 23, 25, 26, 28, 34]. Лікувальні властивості продуктів із зерна вівса пов'язані з вмістом β-глюканів [39, 41], які сприяють зниженню ризику серцево-судинних захворювань за рахунок зменшення рівня холестерину і глюкози в крові [14, 24, 30, 37, 40]. Більш придатне для виготовлення харчових продуктів дитячого і дієтичного харчування зерно голозерних сортів вівса [19, 20, 33], яке відрізняється від плівчастого зерна більшим вмістом білка і жиру та мінімальним – клітковини [12]. Серед негативних ознак голозерного вівса – наявність опушення на зернівці, погане вимолочування, присутність плівчастих зерен, вибивання зародка при збиранні [1].

Довжина стебла рослин вівса є важливим морфобіологічним показником, який змінюється залежно від генотипу та під впливом умов вирощування і режиму мінерального живлення. Так, при підживленні азотом (30 кг д. р.) у фазі кущіння висота рослин вівса зростала на 5–8 % порівняно з непідживленими [5], а за органічної системи землеробства заробляння зеленої маси сидеральної культури також сприяло збільшенню висоти рослин [23]. Деякі дослідники наголошують, що довжина стебла рослин вівса не є вирішальним фактором стійкості до вилягання [15, 18], а інші вважають, що ці ознаки тісно пов'язані [9, 38].

У зв'язку із змінами клімату система адаптивного рослинництва стає складовою частиною природного виробництва. Замість інтенсивних сортів на поля мають прийти сорти адаптивні, які характеризуються високою екологічною пластичністю, скоростиглістю, конкурентоспроможністю щодо бур'янів і стійкістю до шкідників та хвороб, господарською врожайністю, ценотичною

сумісністю [4]. Довжина стебла також є невід'ємною біометричною і мофологічною кількісною ознакою у створенні сортів вівса плівчастого та голозерного типу, які більш пристосовані до чинників навколишнього середовища.

Метою нашої роботи було визначення впливу змін умов зовнішнього середовища на прояв, мінливість та адаптивні особливості рослин селекційних генотипів вівса за довжиною стебла.

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 (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 м^2, 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 сортовипробування [10, 11].

За кількісною ознакою "довжина стебла" визначали пластичність (b_i) і стабільність (S_i^2) – за S. A. Eberhart і W. A. Russel [27]. Статистичну обробку експериментальних даних проводили за допомогою програми Microsoft Excel [21] з визначенням середніх, мінімальних (min), максимальних (max) значень і розмаху варіації (R). Математичну обробку даних проводили дисперсійним методом [6].

При вивченні взаємодії генотип х середовище у різних культур найбільш широко застосовують порівняльні методи [29, 31, 32]. Для визначення параметрів середовища, фенотипової стабільності та адаптивного потенціалу використовували методику А. В. Кільчевского, Л. В. Хотильової [7, 8]. Розраховували загальну адаптивну здатність (ЗАЗ = Vi), варіансу специфічної адаптивної здатності (САЗ = σ^2САЗі), 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 (u + dk), ефект середовища (dk), взаємодію генотип × 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 довжини стебла та екологічної адаптивності, визначали рейтинг адаптивності сорту (РАС) [3]. Для ранжування селекційних генотипів вівса (Z) у межах групи використовували методику непараметричної статистики Дж. У. Снедекора [17]. При ранговій оцінці вище місце при більшому числовому значенні призначали таким показникам: $ЗАЗ_i$, $СЦГ_i$ та вище місце при меншому числовому значенні: довжина стебла, $\sigma^2(G+E)_{gi}$ і $\sigma^2САЗі$. 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. Ранги за показниками адаптивності 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. Результати проведеного двофакторного дисперсійного аналізу підтвердили високі достовірні відмінності між ефектами років, генотипів та їх взаємодії за кількісною ознакою “довжина стебла“. Найбільший вплив на досліджувану ознаку мали умови року (59,4 %), генотип селекційних ліній становив 24,3 %, а взаємодія факторів досягала 15,4 % (рис.). Одержані дані підтверджують переважаючий вплив умов середовища на прояв і розвиток висоти рослин вівса.

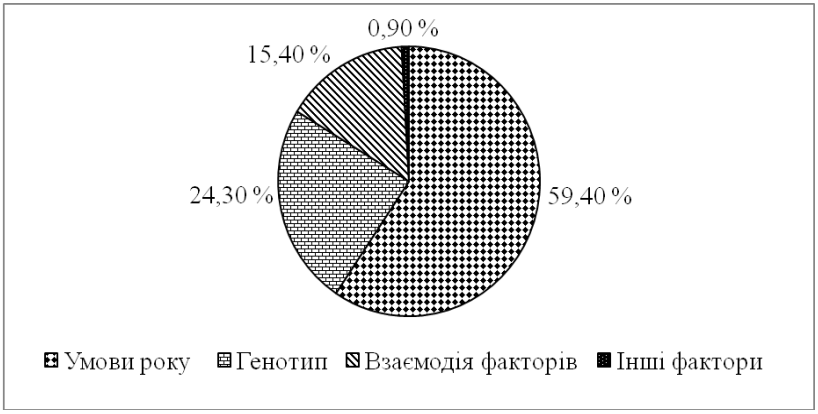

Рис. Частка впливу основних факторів на довжину стебла у селекційних генотипів вівса (2016–2018 рр.)

Середня довжина стебла селекційних генотипів вівса була найвищою в останній рік досліджень (103,39 см) і дещо нижчою – у 2017 р. (102,82 см). У 2016 р. прояв ознаки "довжина стебла" був найнижчим (86,98 см). Для порівняльної оцінки середовищ за здатністю викликати взаємодію основних факторів розраховували варіансу взаємодії генотип х середовище. Максимальна варіанса взаємодії виявилася у 2016 р. (24,99), а найменша – вже наступного 2017 р. (18,89) (табл. 1).

1. Оцінка середовища як фону для добору генотипів вівса за довжиною стебла (2016–2018 рр.)

Параметри середовища	Рік		
	2016	2017	2018
Середній показник довжини стебла, см, u+dk	86,98	102,82	103,39
Ефект середовища, dk	-10,75	5,09	5,62
Взаємодія генотип × середовище, $\sigma^2(G\times E)_{ek}$	24,99	18,89	20,02
Диференціююча здатність середовища, σ^2_{DCC}	38,23	41,58	60,38
Коефіцієнт лінійності, I_{ek}	0,65	2,93	2,58
Відносна диференціююча здатність середовища, S_{ek}, %	43,95	40,44	1,55
Коефіцієнт компенсації, K_{ek}	1,42	1,55	2,25

Ефект середовища за аналізованою кількісною ознакою визначається відхиленням середнього значення ознаки всіх генотипів від середнього значення в популяції. Позитивними ефектами середовища виділялися 2017 і 2018 рр. (5,09; 5,62), тоді як у 2016 р. спостерігали значний негативний ефект (-10,75), що пояснюється низькими показниками довжини стебла в цей рік. Диференціююча здатність середовища дозволяє оцінити його як фон для добору генотипів. Вищі показники диференціюючої здатності вказують на більший поліморфізм за цією ознакою, який у наших дослідженнях максимального значення досяг у 2018 р. (60,38). Відносна диференціююча здатність середовища дозволяє порівнювати результати досліджень із різним набором генотипів та середовищ. Найбільша відносна диференціююча здатність середовища (S_{ek} = 58,40 %) виявилася в умовах 2018 р., найменша (S_{ek} = 40,44 %) – в 2017 р.

Відношення взаємодії генотип х середовище до диференціюючої здатності середовища визначається як коефіцієнт нелінійної реакції, або коефіцієнт компенсації середовища. Мінливість середовища мала лінійний характер у 2016 р. – 0,65, тобто був стабілізуючий фон для добору. Ефектами дестабілізації відзначалися погодні умови у 2017 і 2018 рр. (K_{ek} = 2,53–2,98). Отже, умови цих двох років досліджень потрібно вважати аналізуючими.

Середня довжина стебла у генотипів вівса найвищих значень досягла у 2018 р. (103,4 см) з варіюванням від 93,5 (279-1-3) до 119,1 см (417-1-2). Остання селекційна лінія також відзначилася найвищим показником ознаки в середньому за 2016–2018 рр. (107,0 см). Найменшу середню довжину стебла було зафіксовано у 2016 р. (87,0 см) з коливаннями від 70,0 (369-6-3) до 95,4 см (423-1-2). В середньому за три роки більшість досліджуваних генотипів вівса (дев'ять) мали довжину стебла менше 100 см, а найменшою довжиною відзначилися лінії 407-1; 359-1-1 і 369-6-3 – відповідно 90,9; 91,3 і 91,5 см. Згідно з коефіцієнтом варіації найбільшу мінливість аналізованої ознаки спостерігали у 2018 р. (V = 12,9 %), а попередній рік досліджень виділявся мінімальною варіабельністю (V = 6,3 %) (табл. 2).

Розмах варіації, коефіцієнт варіації та стандартне відхилення свідчать про різні норми реакції генотипів вівса на зміну умов вирощування. Найвищий розмах варіації за ознакою "довжина стебла" продемонстрували селекційні лінії 369-6-3; 377-1-10 і 380-1-9 – відповідно 33,4; 27,4 і 24,7 см. Згідно з коефіцієнтом варіації у цих генотипів зафіксовано значну (V = 20,4 %) та середню мінливість ознаки (V = 14,2 і 12,4 %). У шести досліджуваних генотипів вівса мінливість довжини стебла незначна, тобто менше 10,0 %. Селекційні

лінії 279-1-3 та 359-1-1 низьку варіабельність ознаки поєднують з нижчою висотою рослин – відповідно 93,7 і 91,3 см.

2. Норма реакції селекційних генотипів вівса за ознакою "довжина стебла" (2016–2018 рр.)

Сорт, селекційний номер	Довжина стебла, см				Статистичні параметри		
	2016	2017	2018	X	R, см	V, %	σ
Закат	83,3	103,5	98,3	95,7	18,2	9,8	9,4
Артур	83,7	107,6	99,1	96,8	23,9	12,5	12,1
112-196	90,9	113,1	103,4	102,5	22,2	10,9	11,1
279-1-3	88,1	99,5	93,5	93,7	11,4	6,1	5,7
359-1-1	85,5	89,7	98,7	91,3	13,2	7,4	6,7
369-6-3	70,0	103,4	101,2	91,5	33,4	20,4	18,7
407-1	80,4	94,8	97,4	90,9	17,0	10,1	9,2
377-1-10	85,1	106,5	112,5	101,4	27,4	14,2	14,4
380-1-9	90,7	110,3	115,4	105,5	24,7	12,4	13,0
400-2-10	85,2	103,7	106,7	98,5	21,5	11,8	11,6
405-1-5	90,8	94,2	103,1	96,0	12,3	6,6	6,4
417-1-2	94,8	107,1	119,1	107,0	24,3	11,4	12,2
418-1-5	91,8	102,4	93,8	96,0	10,6	5,9	5,6
423-1-2	95,4	103,7	105,2	101,4	9,8	5,2	5,3
$НІР_{05}$	8,34	10,56	11,14				
X	87,0	102,9	103,4	97,7	19,3	10,3	10,1
min	70,0	89,7	93,5	90,9	9,8	5,2	5,3
max	95,4	113,1	119,1	107,0	27,4	20,4	14,4
R	15,4	23,4	25,6	16,1	17,6	15,2	9,1
V	7,5	6,3	12,9	5,3			

Примітка. R – розмах варіації, г; X – середній показник довжини стебла, см; V – коефіцієнт варіації, %; σ – стандартне відхилення.

Загальна адаптивна здатність характеризує середнє значення кількісної ознаки в усіх екоградієнтах, тоді як специфічна адаптивна здатність є мірою стабільності генотипу за аналізованою ознакою, або відхилення від ЗАЗ у певному середовищі. За ознакою "довжина стебла" ЗАЗ коливалася від 0,71 (407-1) до 61,78 (418-1-5). У семи селекційних ліній загальна адаптивна здатність виявилася вищою порівняно з стандартними сортами Закат і Артур. Максимальними показниками ефекту взаємодії генотипу і середовища ($\sigma^2(G\times E)_{gi}$) за довжиною стебла характеризувалися селекційні лінії 369-6-3 (89,12),

418-1-5 (53,19) і 405-1-5 (40,17) 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 можна оцінити за варіансою специфічної адаптивної здатності (σ^2САЗі), нижчі її значення означають більшу стабільність. Найвищою стабільністю за довжиною стебла виділялися селекційні лінії 417-1-2; 423-1-2 і 418-1-5 – відповідно 0,33; 27,87 і 31,72. Порівняно з стандартним сортом Артур (σ^2САЗі = 146,87) ще шість селекційних ліній характеризувалися вищою стабільністю ознаки.

3. Параметри екологічної адаптивності селекційних генотипів вівса за довжиною стебла (2016–2018 рр.)

Сорт, селекційний номер	ЗАЗ$_i$	σ^2САЗі	$\sigma^2(G\times E)_{gi}$	K_{gi}	СЦГ$_i$	b_i	S_i^2
Закат	9,36	87,88	8,41	1,01	46,58	0,96	16,52
Артур	11,29	146,87	24,70	1,69	33,32	1,20	42,23
112-196	22,37	123,86	26,86	1,43	44,15	1,06	53,13
279-1-3	34,34	32,52	30,68	0,37	63,82	0,51	19,81
359-1-1	3,03	45,48	36,14	0,52	55,96	0,55	37,34
369-6-3	16,08	348,97	89,12	4,02	-6,36	2,00	5,58
407-1	0,71	83,86	1,09	0,97	42,92	0,98	2,09
377-1-10	29,92	207,45	30,19	2,39	25,90	1,52	13,18
380-1-9	18,23	170,04	17,23	1,96	37,14	1,38	9,31
400-2-10	6,30	135,58	6,48	1,56	37,52	1,24	2,63
405-1-5	1,99	40,34	40,17	0,46	62,75	0,50	37,14
417-1-2	41,47	0,33	34,23	0,00	103,99	1,15	64,39
418-1-5	61,78	31,72	53,19	0,37	66,49	0,38	38,88
423-1-2	3,46	27,87	16,90	0,32	73,74	0,56	0,70

За селекційною цінністю генотипу (СЦГ$_i$) можна провести оцінку ефективності поєднання величини кількісної ознаки і її стабільності. У наших дослідженнях цей показник коливався в межах від -6,36 (369-6-3) до 103,99 (417-1-2). Кращими за СЦГ$_i$ були також селекційні лінії 423-1-2 (73,44), 418-1-5 (66,49) і 279-1-3 (63,82).

Для визначення ефекту компенсації використовують коефіцієнти компенсації генотипів (K_{gi}). При $K_{gi}\rightarrow 0$ переважають

компенсуючі ефекти взаємодії генотип × середовище, при K_{gi} = 1 ефекти компенсації і дестабілізації перебувають у рівновазі, а при K_{gi} > 1 більш відчутні ефекти дестабілізації. При доборі стабільних генотипів за ознакою "довжина стебла" варто віддавати перевагу з K_{gi} < 1. У семи генотипів (423-1-1; 417-1-2; 279-1-3; 359-1-1; 407-1; 405-1-5 і 418-1-5) переважають компенсуючі ефекти (K_{gi} = 0,00−0,97), а в інших – зафіксовано дестабілізуючі ефекти (K_{gi} = 1,01–4,02).

Для характеристики екологічної стійкості найбільш поширеними в селекційній практиці є два показники – пластичність і стабільність. Коефіцієнти регресії (b_i) характеризують середню реакцію кількісної ознаки на зміну умов вирощування. Вище значення b_i вказує на більшу чутливість до змін умов вирощування і більшу пластичність. Від'ємне значення коефіцієнта регресії свідчить про зниження величини ознаки внаслідок впливу абіотичних чи біотичних факторів. Наближення значень b_i до нуля свідчить про зниження пластичності генотипу за аналізованою ознакою. Варіанса стабільності (S_i^2) показує відповідність кількісної ознаки рівню пластичності згідно з визначеним коефіцієнтом регресії. Значення S_i^2, близькі до нуля, вказують на підвищену стабільність ознаки.

У результаті проведення досліджень адаптивних особливостей селекційних ліній вівса за ознакою "довжина стебла" встановлено, що високопластичними генотипами інтенсивного типу за досліджуваною ознакою є селекційні лінії з b_i від 1,15 до 2,00 (с. Артур; 417-1-2; 400-2-10; 369-6-3; 377-1-10 і 380-1-9). Серед зазначених генотипів найбільш стабільний прояв ознаки виявився у 400-2-10 (S_i^2 = 2,63) і 369-6-3 (S_i^2 = 5,58). Селекційні лінії з коефіцієнтами регресії в межах 0,96–1,06 досить стримано реагують на зміну умов середовища (407-1; 112-196 і с. Закат) і є середньопластичними за довжиною стебла. Селекційні лінії 279-1-3; 359-1-1; 405-1-5; 418-1-5 і 423-1-2 незначною мірою змінювали висоту рослин під впливом чинників зовнішнього середовища і забезпечували досить високу стабільність цієї ознаки.

Аналіз генотипів вівса показує, що вони мають різну адаптивну здатність та стабільність. Визначення рейтингу адаптивності, яке проведено на основі шести показників (X, ЗАЗ$_i$, σ^2САЗi, $\sigma^2(G+E)_{gi,}$ СЦГ$_i$ і b_i), показало досить складний та суперечливий характер екологічної адаптивності окремих рослинних асоціацій за кількісними ознаками (табл. 4).

4. Рейтинг адаптивності селекційних генотипів вівса за ознакою "довжина стебла" (2016–2018 рр.)

Сорт, селекційний номер	Ранги за показниками						Середній ранг	X / середній ранг	РАС
	X	$ЗАЗ_i$	$\sigma^2САЗi$	$\sigma^2(G\times E)_{gi}$	$СЦГ_i$	b_i			
Закат	5	9	8	3	7	2	5,7	16,8	2
Артур	8	8	11	6	12	5	8,3	11,7	10
112-196	12	5	9	7	8	3	7,3	14,0	7
279-1-3	4	3	4	9	4	10	5,7	16,4	4
359-1-1	2	12	6	11	6	9	7,7	11,9	9
369-6-3	3	7	14	14	14	14	9,4	9,7	14
407-1	1	14	7	1	9	1	5,5	16.5	3
377-1-10	10	4	13	8	13	12	10,0	10,1	13
380-1-9	13	6	12	5	11	7	9,0	11,7	11
400-2-10	9	10	10	2	10	6	7,8	12,6	8
405-1-5	7	13	5	12	5	11	8,8	10,9	12
417-1-2	14	2	1	10	1	4	5,3	20,2	1
418-1-5	6	1	3	13	3	13	6,5	14,8	6
423-1-2	11	11	2	14	2	8	6,3	16,1	5

Згідно з РАС перше місце в загальному рейтингу за селекційною лінією 417-1-2 (20,2). Основні переваги цього генотипу: перші місця за варіансою специфічної адаптивної здатності ($\sigma^2САЗi$) та селекційною цінністю генотипу ($СЦГ_i$) та друге місце за загальною адаптивною здатністю ($ЗАЗ_i$). Проте важливим чинником високої адаптивної здатності цього генотипу був прояв кількісної ознаки (X = 107,0 см), що має скоріше негативний вплив у формуванні бажаного морфотипу рослин вівса.

Друге місце у рейтингу за стандартним сортом Закат (16,8), який виділявся за пластичністю (b_i) – друге місце і ефектом взаємодії генотип х середовище ($\sigma^2(G+E)_{gi}$) – третє місце та середнім проявом ознаки "довжина стебла" (X = 95,7 см). На третьому місці в загальному рейтингу адаптивності селекційна лінія голозерного типу 407-1 (Крепыш / AC Belmont), яка виділялася нижчою висотою рослин (X = 90,9 см), а також першими місцями за показниками $\sigma^2(G+E)_{gi}$ і b_i. Наступною за рейтингом адаптивності виявилася селекційна лінія з плівчастим зерном 279-1-3 (Чиж / Ант) з середньою висотою рослин 93,7 см та достатньо високими показниками загальної адаптивної

здатності (третє місце), специфічної адаптивної здатності та селекційної цінності (четверті місця). Отже, визначення інтегрованого параметра РАС дозволяє зробити аргументовані оцінки щодо адаптивних особливостей селекційних генотипів вівса плівчастого та голозерного типу за кількісною морфологічною ознакою "довжина стебла".

Висновки. Результати проведеного двофакторного дисперсійного аналізу підтвердили високі достовірні відмінності між ефектами років, генотипів та їх взаємодії за кількісною ознакою "довжина стебла". Найбільший вплив на досліджувану ознаку мали умови року (59,4 %), генотип селекційних ліній становив 24,3 %. Одержані дані підтверджують переважаючий вплив умов середовища на прояв і розвиток висоти рослин вівса.

Найвищий розмах варіації за аналізованою ознакою продемонстрували селекційні лінії 369-6-3; 377-1-10 і 380-1-9 – відповідно 33,4; 27,4 і 24,7 см. Згідно з коефіцієнтом варіації у цих генотипів зафіксовано значну (V = 20,4 %) та середню мінливість ознаки (V = 14,2 і 12,4 %). У шести досліджуваних генотипів вівса мінливість довжини стебла незначна, тобто менше 10,0 %. Селекційні лінії 279-1-3 та 359-1-1 низьку варіабельність ознаки поєднують з нижчою висотою рослин – відповідно 93,7 і 91,3 см.

Визначення адаптивних особливостей селекційних ліній вівса за ознакою "довжина стебла" показало, що високопластичними генотипами інтенсивного типу за досліджуваною ознакою є селекційні лінії з b_i від 1,15 до 2,00 (с. Артур; 417-1-2; 400-2-10; 369-6-3; 377-1-10 і 380-1-9). Селекційні лінії з коефіцієнтами регресії в межах 0,96–1,06 досить стримано реагують на зміну умов середовища (407-1; 112-196 і с. Закат) і є середньопластичними.

Згідно із рейтингом адаптивності сорту за довжиною стебла перше місце за селекційною лінією 417-1-2 (20,2). Основні переваги цього генотипу: перші місця за варіансою специфічної адаптивної здатності (σ^2САЗі) та селекційною цінністю генотипу (СЦГ$_i$) та друге місце за загальною адаптивною здатністю (ЗАЗ$_i$). Наступні рейтингові місця належать селекційним лініям плівчастого і голозерного типу з меншою довжиною стебла та іншими параметрами адаптивної здатності, що свідчить про широку генетичну основу пластичності і стабільності важливої морфологічної кількісної ознаки "довжина стебла".

Список використаної літератури

1. Буняк О., Матрос О., Камінська Л. І врожайний, і крупнозерний, і стійкий до

References

1. Buniak O., Matros O., Kaminska L. Productive, and large grained, and resistant to

вилягання та хвороб сорт голозерного вівса вивели носівські селекціонери. *Зерно і хліб*. 2014. № 2. С. 80–82.

2. Василюк П. М. Оцінка стабільності і пластичності показників продуктивності та якості нових сортів пшениці м'якої озимої в умовах Лісостепу України. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин.* 2014. № 1. С. 15–18.

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

4. Ващенко В. В., Назаренко Н. Н. Екологічне випробування сучасних сортів пшениці м'якої озимої в умовах підзони півночі Степу України. *Вісник Дніпропетровського ДАЕУ*. 2015. № 3 (37). С. 12–16.

5. Вплив системи мінерального живлення на врожайність вівса і ячменю ярого в Північному Степу України / А. Д. Гирка та ін. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2012. № 3. С. 28–33.

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

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

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

9. Лоскутов И. Г., Блинова Е. В. Генетические ресурсы овса для перспективных направлений селекции. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2013. Т. 171. С. 42–45.

10. Методика державного випробування сортів на придатність до поширення в Україні : Загальна частина. *Охорона прав на сорти рослин* : офіційний бюлетень. 2003. Вип. 1, ч. 3. 106 с.

11. Методика проведення експертизи та державного випробування сортів рослин зернових, круп'яних та

lodging and diseases cultivar of the naked oat was developed by Nosivka breeders. *Zerno i khlib*. 2014. No. 2. P. 80–82.

2. Vasyliuk P. M. Evaluation of the stability and plasticity of productivity parameters and of the quality of new winter soft wheat cultivars under conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn*. 2014. No. 1. P. 15–18.

3. Vlasenko V. A. Estimation of adaptivity of spring soft wheat cultivars. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn*. 2006. No. 4. P. 93–103.

4. Vashchenko V. V., Nazarenko N. N. Ecological testing of modern cultivars of the winter soft wheat under conditions of the North Steppe subzone of Ukraine. *Visnyk Dnipropetrovskoho DAEU*. 2015. No. 3 (37). P. 12–16.

5. The influence of the system of mineral nutrition on the productivity of the oat and spring barley in the northern Steppe of Ukraine / A. D. Hyrka et al. *Biuleten Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy*. 2012. No. 3. P. 28–33.

6. Dospekhov B. A. The methology of field experiment (with basics of statistic processing of research results). 4th ed. Moscow, 1979. 416 p.

7. Kilchevskiy A. V., Khotyleva L. V. Genotype and environment in plant breeding. Minsk, 1989. 191 p.

8. Kilchevskiy A. V., Khotyleva L. V. Ecological breeding of plants. Minsk, 1997. 372 p.

9. Loskutov I. G., Blinova E. V. Genetic resources of the oat for perspective directions of breeding. *Trudy po prikl. bot., gen. i sel.* 2013. Vol. 171. P. 42–45.

10. Methods of state variety testing for suitability for distribution in Ukraine : Common part. *Okhorona prav na sorty roslyn* : ofitsiinyi biuleten. 2003. No. 1, pt. 3. 106 p.

11. Methods of examination and state testing of plant varieties of crops, cereals and legumes. *Okhorona prav na sorty roslyn* : ofitsiinyi biuleten. 2003. No. 2, pt. 3. 214 p.

12. The naked oat as raw material for medical and dietetic products / R. Mukoid et al. *Kharchova ta pererobna promyslovist.* 2010. No. 2 (366). P. 24–25.

зернобобових культур. *Охорона прав на сорти рослин* : офіційний бюлетень. 2003. Вип. 2, ч. 3. 214 с.

12. Овес голозерний – сировина для лікувально-дієтичних продуктів / Р. Мукоїд та ін. *Харчова та переробна промисловість.* 2010. № 2 (366). С. 24–25.

13. Овес – стан та ефективність виробництва, нові сорти і можливості / В. Ю. Черчель та ін. *Селекція і насінництво.* 2014. Вип. 106. С. 183–190.

14. Оценка технологических свойств некоторых сортов голозерного овса как сырья для производства крахмала / Н. Р. Андреев и др. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2016. № 1 (17). С. 83–89.

15. Солодушко В. П. Селекція вівса в умовах Північного Степу України. *Вісник Полтавської ДАА*. 2011. № 1. С. 42–45.

16. Соц С. М., Шутенко Є. І., Кустов І. О. Голозерний овес – перспективна сировина для круп'яної промисловості. *Зернові продукти і комбікорми.* 2011. № 4 (44). С. 7–8.

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

18. Холод С. М. Потенціал інтродукованих зразків вівса в умовах південної частини Лісостепу України. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин.* 2017. Т. 13, № 2. С. 198–205.

19. Юла В., Камінська В., Мушик Б. Продуктивність вівса голозерного. *Пропозиція.* 2014. № 2. С. 78–79.

20. Юла В. М., Камінська В. В., Дудка О. Ф. Формування продуктивності вівса залежно від елементів технології вирощування за органічного землеробства. *Збірник наукових праць ННЦ "Інститут землеробства НААН".* 2014. Вип. 1/2. С. 77–81.

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

22. Alpha-amylase treatment increases extractable phenolics and antioxidant capacity of oat (Avena nuda L.) flour

13. The oat – state and effectiveness of production, new cultivars and perspectives / V. Yu. Cherchel et al. *Selektsiia i nasinnytstvo*. 2014. No. 106. P. 183–190.

14. Estimation of technologic features of some naked oat cultivars as raw material for starch production / N. R. Andreev et al. *Zernobobovye i krupyanye kultury*. 2016. No. 1 (17). P. 83–89.

15. Solodushko V. P. Oat breeding under conditions of the northern Steppe of Ukraine. *Visnyk Poltavskoi DAA.* 2011. No 1. P. 42–45.

16. Sots S. M., Shutenko Ye. I., Kustov I. O. The naked oat as perspective raw material for cereal industry. *Zernovi produkty i kombikormy.* 2011. No. 4 (44). P. 7–8.

17. Snedekor D. W. Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology / transl. by V. N. Peregudova. Moscow, 1961. 503 p.

18. Kholod S. M. Potential of introduced oat specimens under conditions of the southern Forest-Steppe of Ukraine. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn.* 2017. Vol. 13, No 2. P. 198–205.

19. Yula V., Kaminska V., Mushyk B. Productivity of the naked oat. *Propozytsiia.* 2014. No. 2. P. 78–79.

20. Yula V. M., Kaminska V. V., Dudka O. F. The formation of productivity of the oat depending on elements of growing technology in organic farming. *Zbirnyk naukovykh prats NNC "Instytut zemlerobstva NAAN".* 2014. No. 1/2. P. 77–81.

21. Yakovlev V. B. Statistics. Calculations in Microsoft Excel. Moscow, 2005. 352 p.

22. Alpha-amylase treatment increases extractable phenolics and antioxidant capacity of oat (Avena nuda L.) flour / D. Chen et al. *J. of Cereal Sci.* 2015. Vol. 65. P. 60–66.

23. Biel W., Jacyno E., Kawecka M. Chemical composition of hulled, dehulled and naked oat grains. *South Afr. J. of Animal Sci.* 2014. Vol. 44. P. 189–197.

24. Cholesterol-lowering effects of oat β-glucan : a meta-analysis of randomized controlled trials / A. Whitehead et al. *Am. J. Clin. Nutr.* 2014. Vol. 100 (6). P. 1413–1421. DOI: 10.3945/ajcn.114.086108.

25. Combining ability for grain chemistry quality traits in a white oat diallelic cross

/ D. Chen et al. *J. of Cereal Sci.* 2015. V. 65. P. 60–66.

23. Biel W., Jacyno E., Kawecka M. Chemical composition of hulled, dehulled and naked oat grains. *South Afr. J. of Animal Sci*. 2014. V. 44. P. 189–197.

24. Cholesterol-lowering effects of oat β-glucan: a meta-analysis of randomized controlled trials / A. Whitehead et al. *Am. J. Clin. Nutr.* 2014. V. 100 (6). P. 1413–1421. DOI: 10.3945/ajcn.114.086108.

25. Combining ability for grain chemistry quality traits in a white oat diallelic cross / M. Crestani et al. *Euphytica.* 2012. V. 185 (1). P. 139–156.

26. Daou C., Zhang H. Oat beta-glucan: its role in health promotion and prevention of diseases. *Comp. Rev. in Food Sci. and Food Saf.* 2012. V. 11. P. 355–365.

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

28. Genotype-by-environment interaction and trait association in two genetic populations of oat / W. Yan et al. *Crop Sci.* 2016. V. 56. P. 1136–1145.

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

30. Milling of Canadian oats and barley for functional food ingredients: Oat bran and barley fibre-rich fractions / M. S. Izydorczyk et al. *Can. J. Plant Sci*. 2014. V. 94. P. 573–586.

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

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

33. Naked oats for improving human nutrition: genetic and agronomic variability of grain bioactive components / R. Redaelli et al. *Crop Sci.* 2009. V. 49. P. 1431–1437.

34. Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods : a review / P. Rasane et al. *J. of Food Sci. and Tech.* 2013. V. 52. P. 662–675.

35. Oats as a functional food : a review / W. S. Ahmad et al. *Univer. J. of Pharm.* 2014. Vol. 3. P. 14–20.

36. Oat: unique among the cereals / M. S. Butt et al. *Eur. J. of Nutr.* 2008. Vol. 46. P. 68–79.

37. Othaman R. A., Moghadasian M. H., Jones P. J. Cholesterol-lowering effects of oat β-glucan. *Nutr. Rev*. 2011. No 69 (6). P. 299–309.

38. Peltonen-Sainio P. Productive oat ideotype for northern growing conditions. *Euphytica*. 1991. Vol. 54. P. 27–32.

675.

35. Oats as a functional food : a review / W. S. Ahmad et al. *Univer. J. of Pharm*. 2014. V. 3. P. 14–20.

36. Oat: unique among the cereals / M. S. Butt et al. *Eur. J. of Nutr.* 2008. V. 46. P. 68–79.

37. Othaman R. A., Moghadasian M. H., Jones P. J. Cholesterol-lowering effects of oat β-glucan. *Nutr. Rev*. 2011. № 69 (6). P. 299–309.

38. Peltonen-Sainio P. Productive oat ideotype for northern growing conditions. *Euphytica.* 1991. V. 54. P. 27–32.

39. Wood P. Oat and rye β-glucan: properties and function. *Cereal Cem.* 2010. V. 87. P. 315–330.

40. Zhy F., Du B., Xu B. A critical review on production and industrial application of beta-glucan. *Food Hydrocol.* 2016. V. 52. P. 275–288.

41. Zute S., Berga L., Vicupe Z. Variability in endosperm β-glucan content of husked and naked oat genotypes. *Acta Biol. Universit. Daugavpil.* 2011. № 11 (2). P. 192–200.

Отримано 20.12.2019

39. Wood P. Oat and rye β-glucan: properties and function. *Cereal Cem.* 2010. Vol. 87. P. 315–330.

40. Zhy F., Du B., Xu B. A critical review on production and industrial application of beta-glucan. *Food Hydrocol.* 2016. Vol. 52. P. 275–288.

41. Zute S., Berga L., Vicupe Z. Variability in endosperm β-glucan content of husked and naked oat genotypes. *Acta Biol. Universit. Daugavpil*. 2011. No 11 (2). P. 192–200.