

DOI: 10.32636/01308521.2021-(69)-6

УДК 633.13:633.16:631.52

В. І. ПУЩАК, кандидат сільськогосподарських наук

Р. В. ІЛЬЧУК, доктор 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: volodymyr93agro@gmail.com

КЛАСТЕРНИЙ АНАЛІЗ ВРАЗКІВ ЯРИХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР (ОВЕС, ЯРИЙ ЯЧМІНЬ) ЗА ОЗНАКОЮ «ВРОЖАЙНІСТЬ ЗЕРНА»

Дослідження проводили у 2016–2018 рр. на полях лабораторії селекції зернових і кормових культур Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН. Предметом досліджень були 7 селекційних ліній ярого ячменю та стандартні сорти Командор і Княжий і 9 селекційних ліній вівса з голозерним і півчастим зерном та стандартні сорти Закат, Артур.

Метою нашої роботи було визначення параметрів екологічної адаптивності генотипів ярих зернових культур (овес, ячмінь ярий) за кількісною ознакою «врожайність зерна» та проведення кластерного розподілу генотипів за комплексом показників, які визначають адаптивні та продуктивні особливості.

За кількісними ознаками врожайності визначали показники гомеостатичності й селекційної цінності, використовуючи методику В. В. Хангільдіна, за такими формулами:

$$Hom_1 = X_2 / \sigma; Hom_2 = X_2 / \sigma (X_{opt} - X_{lim});$$

$$Sc = X (X_{lim} / X_{opt}),$$

де Hom_1 і Hom_2 – показники гомеостатичності; X , X_{opt} , X_{lim} – відповідно, усереднена за генотипом середня арифметична, оптимальна та лімітована величини ознаки; σ – середньоквадратичне відхилення; Sc – показник селекційної цінності. За X_{lim} прийнято найменше значення ознаки в роки досліджень, а за X_{opt} – найвище.

Проводили визначення параметрів екологічної адаптивності генотипів вівса за кількісною ознакою «врожайність зерна», пластичності (b_i) і стабільності (S_i^2) – за S. A. Eberhart і W. A. Russel, ефекту генотипу, що являє собою різницю між середнім показником кількісної ознаки за набором генотипів і відповідним значенням конкретного генотипу, – за методикою Ю. В. Гудзя та Ю. А. Лавриненка.

Визначали ефект генотипу (різниця між середнім показником кількісної ознаки за набором генотипів і відповідним значенням конкретного генотипу), рівень стійкості до стресу (різниця між мінімальною і

максимальною врожайністю), генетичну гнучкість, яка показує ступінь відповідності між генотипом і різними факторами зовнішнього середовища (сума мінімальної та максимальної врожайності, розділена на два). Статистичний аналіз даних урожайності провели дисперсійним методом за Б. А. Доспеховим і в програмі «Microsoft Excel». Кластерний аналіз для групування зразків за показниками екологічної адаптивності врожайності зерна здійснювали з використанням евклідових відстаней в програмі «Statistica 10».

Високою гомеостатичністю показника врожайності ярого ячменю вирізнялися стандартні сорти Княжий ($Hom_1 = 260,73$; $Hom_2 = 2370,29$) і Командор ($Hom_1 = 86,64$; $Hom_2 = 279,47$). Їм поступався тільки селекційний номер 703-1-10 Командор ($Hom_1 = 66,39$; $Hom_2 = 184,42$). У цих генотипів ярого ячменю була також висока селекційна цінність (Sc) ознаки врожайності від 3,27 у 703-1-10 до 3,68 у сорту Княжий. Високою селекційною цінністю також відзначена селекційна лінія 702-1-12 (3,59 т/га).

Кластерний аналіз за даними екологічної пластичності ознаки «врожайність зерна» ячменю ярого дає змогу зробити висновок про реакцію на зміни умов вирощування сортів Командор, Княжий і селекційних ліній 699-2-18, 545-5-9, 703-1-10, 703-1-10, 700-3-17 і 702-1-12. Найбільшу генетичну дивергенцію за згаданою ознакою виявили зразки 538-2-6 та 409-1-4.

Аналіз урожайності генотипів вівса засвідчив, що в середньому за три роки найвищу середню продуктивність продемонстрували селекційні лінії 369-6-3, 279-1-3 і 359-1-1 – відповідно, 4,08; 4,02 і 4,00 т/га.

При вирощуванні в оптимальних умовах найбільш продуктивні селекційні лінії вівса також були кращими за врожайністю – від 4,50 у 396-6-3 до 4,60 т/га у 279-1-3. За несприятливих умов (X_{lim}) лише селекційна лінія 359-1-1 виділялася порівняно вищою продуктивністю (3,67 т/га), а кращими за врожайністю були 400-2-10 (3,64 т/га) і 112-196 (3,57 т/га). Голозерні генотипи вівса 407-1 (Крепыш / AC Belmont) і 405-1-5 (AC Belmont / Крепыш) із середнім врожаєм зерна, відповідно, 2,72 і 3,13 т/га відставали від плівчастих селекційних ліній і стандартних сортів.

Ключові слова: ярий ячмінь, овес, селекційна лінія, кількісна ознака, екологічна адаптивність, урожайність, кластерний розподіл.

Volodymyr Pushchak, Roman Ilchuk, Halyna Marukhniak

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS

Cluster analysis of spring cereal specimens (oat and spring barley) by the characteristic “seed yield”

The study was carried out in 2016–2018 on the fields of the laboratory of selection of cereals and forage crops under conditions of crop rotation for selective breeding and seed farming at the Institute of Agriculture of the Carpathian Region of NAAS, Ukraine. The research objects were 7 breeding lines and the standard varieties Komandor and Kniazhyi of the spring barley as well as 9 breeding lines of the oat with naked and filmy grains and the standard varieties Zakat and Artur.

The aim of the study was to determine the ecological adaptiveness parameters of spring cereals genotypes (spring barley and oat) by seed yield and to carry out a cluster ordination of genotypes by a complex of features that determine specifics of adaptiveness and productivity.

The parameters of homeostaticity and breeding value were determined according to quantitative yield characteristics using the method of V.V. Khangildin and the following formula: $Hom_1 = X_2 / \sigma$; $Hom_2 = X_2 / \sigma (X_{opt} - X_{lim})$; $Sc = X (X_{lim} / X_{opt})$, where Hom_1 and Hom_2 are parameters of homeostaticity and X , X_{opt} , and X_{lim} are, respectively, averaged by the genotype mean, optimal, and limited values of character, σ – standard deviation, and Sc – breeding value. X_{lim} is considered as the lowest value of the character observed during the research period, while X_{opt} is the highest value.

Parameters of ecological adaptiveness of the oat genotypes were calculated by the quantitative character “seed yields”, plasticity (b_i) and stability (S_i^2) were determined following S. A. Eberhart and W. A. Russel, whereas the genotype’s effect, which represents the difference between the average value of the quantitative character for the set of genotypes and the corresponding value of a particular genotype, was found according to the method by Yu. V. Gudz and Yu. A. Lavrynenko.

Such parameters were determined as the genotype’s effect (the difference between the average value of the quantitative character for the set of genotypes and the corresponding value of a particular genotype), level of stress resistance (the difference between the maximum and minimum yield), and genetic plasticity (level of correspondence between the genotype and various environmental factors, i.e. half of the sum of the minimum and maximum). Statistical analysis of data included analysis of variance carried out in MS Excel following B. A. Dospikhov. Cluster analysis for the ordination of specimens by parameters of ecological adaptiveness of seed yields was conducted in Statistica v.10 based on Euclidean distance.

High homeostaticity of yield parameters characterised the standard cultivars Kniazhyi ($Hom_1 = 260.73$; $Hom_2 = 2370.29$) and Komandor ($Hom_1 = 86.64$; $Hom_2 = 279.47$) followed by the breeding line 703-1-10 Komandor ($Hom_1 = 66.39$; $Hom_2 = 184.42$). The same genotypes of the spring barley had also high breeding value (Sc) by the yield parameter ranging from 3.27 in 703-1-10 to 3.68 in the cultivar Kniazhyi. The breeding line 702-1-12 also had a high breeding value (3.59 t/ha).

Cluster analysis of the spring barley by data of the ecological plasticity of the character “seed yields” allows concluding about a reaction to changes of growing conditions in the cultivars Komandor, Kniazhyi, and breeding lines 699-2-18, 545-5-9, 703-1-10, 703-1-10, 700-3-17, and 702-1-12. The specimens 538-2-6 and 409-1-4 showed the highest genetic divergence by the aforementioned character.

Analysis of the productivity of oat genotypes showed that the highest mean productivity for the three years of study was demonstrated by breeding lines 369-6-3, 279-1-3, and 359-1-1, respectively 4.08, 4.02, and 4.00 t/ha.

When cultivated under optimal conditions, the most productive breeding lines of the oat had also provided higher yields – from 4.50 t/ha in 396-6-3 to 4.60 t/ha in 279-1-3. Under unfavourable conditions (X_{lim}) only the breeding line 359-1-1 demonstrated a relatively high productivity (3.67 t/ha) followed by lines 400-2-10 (3.64 t/ha) and 112-196 (3.57 t/ha). Naked seed oat genotypes 407-1 (Krepysh / AC Belmont) and 405-1-5 (AC Belmont / Krepysh) with an average seed yield of, respectively, 2.72 and 3.13 t/ha lagged behind filmy breeding lines and standard cultivars.

Key words: spring barley, oat, breeding line, quantitative characteristic, ecological adaptiveness, productivity, cluster ordination.

Вступ. Високоадаптивні сорти є запорукою отримання високих і стабільних врожаїв зерна в мінливих метеорологічних умовах та в різних еколого-географічних зонах. Для реалізації високого генетичного потенціалу проводять розрахунок статистичних параметрів, гомеостатичності та селекційної цінності [21, 22, 27, 28, 29, 30, 33, 35], оцінювання екологічної пластичності за врожайністю [24, 26] та іншими кількісними ознаками (структури врожаю та якості зерна) [1, 3, 7, 17, 23, 32].

Нині починають використовувати методи, які дають змогу візуалізувати розподіл генотипів за поєднанням продуктивності та адаптивності в багатосередовищних випробуваннях: АММІ-модель, яка поєднує дисперсійний аналіз та сингулярний розподіл, GGE biplot як графічне відображення матричної мультиплікації [2, 8, 11, 25, 39].

Основної уваги заслуговує своєчасна сортозаміна, тому що свій потенціал новий сорт найбільш ефективно реалізує протягом 10–15 років [4, 34, 15]. За допомогою кластерного аналізу можна оцінювати генетичну схожість гомозиготних ліній самозапильних культур або генетичну віддаленість генотипів із використанням коефіцієнта спорідненості [5, 6, 31, 36, 37, 38].

Генетичну дивергенцію сортів і ліній можна оцінювати з допомогою евклідових відстаней з наступним кластерним аналізом, який дає змогу згрупувати генетично близькі сорти, а також оцінити інформативність ознак. Результати кластерного аналізу можуть бути використані для оптимального підбору батьківських пар [14, 18]. Генетичну дивергенцію можна виразити через спеціальні параметри з допомогою методів багатомірного статистичного аналізу комплексу кількісних ознак [16].

Природною мірою віддаленості потенційних батьків може бути евклідова відстань. Вихідними даними для підрахунку евклідових відстаней між сортами можуть слугувати середні значення N

кількісних ознак, а також коефіцієнти кореляції ознак, які використовувалися для відсіву дубльованих ознак [16].

Для селекції на адаптивність важливо володіти інформацією про ступінь гомеостатичності окремих ознак у варіабельних умовах зовнішнього середовища разом із загальним гомеостазом індивідуального розвитку або буферності рослинного організму загалом [21].

Досягти підвищення стабільності врожаю та якості зерна в часі та просторі можна шляхом створення й впровадження у виробництво нових сортів, які поєднують максимальну продуктивність з підвищеним рівнем гомеостатичності [12, 14, 27, 38].

Матеріали і методи. Дослідження проводили у 2016–2018 рр. на полях лабораторії селекції зернових та кормових культур Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН. Предметом досліджень були селекційні лінії ярих зернових культур. Овес: 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 / АС Belmont), 377-1-10 (АС Assinoboia / Zlotnyak), 380-1-9 (Ант / АС Assinoboia), 400-2-10 (ІЗО-14 / Фауст), 405-1-5 (АС Belmont / Крепыш) і стандартні сорти Закат і Фартур. Ярий ячмінь: 545-5-9 (Чудов / Княжий), 538-2-6 (Галактик / Княжий), 409-1-4 (СОЛ-42 / ST 167), 699 -2-18 (Одеський 164 / Бескид), 700-3-17 (Княжий / Рось), 702-1-12 (Княжий / Оболонь), 703-1-11 (Abissinica 1105 / Надія) і стандартні сорти Командор і Княжий. Попередник – озимі зернові, фон мінерального живлення – $N_{60}P_{60}K_{60}$, агротехніка – загальноприйнята для вирощування ярих зернових культур у 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 [19, 20].

За кількісними ознаками врожайності визначали показники гомеостатичності й селекційної цінності, використовуючи методику В. В. Хангільдіна [34, 37], за такими формулами:

$$Hom_1 = X_2 / \sigma; Hom_2 = X_2 / \sigma (X_{opt} - X_{lim});$$

$$Sc = X (X_{lim} / X_{opt}),$$

де Hom_1 і Hom_2 – показники гомеостатичності; X , X_{opt} , X_{lim} – відповідно, усереднена за генотипом середня арифметична, оптимальна й лімітована величини ознаки; σ – середньоквадратичне відхилення; Sc – показник селекційної цінності. За X_{lim} прийнято найменше значення ознаки в роки досліджень, а за X_{opt} – найвище.

Визначення параметрів екологічної адаптивності генотипів вівса проводили за кількісною ознакою «врожайність зерна»; пластичність (b_i) і стабільність (S_i^2) – за S. A. Eberhart і W. A. Russel [38], ефект генотипу, що являє собою різницю між середнім показником кількісної ознаки за набором генотипів і відповідним значенням конкретного генотипу, – за методикою Ю. В. Гудзя та Ю. А. Лавриненка [9].

Стійкість сортів до стресу й середню врожайність у контрастних умовах середовища з'ясували за рівнянням A. A. Rossille, J. Hamblin, цит. за А. А. Гончаренком [5]. Рівень стійкості до стресу визначають як різницю між мінімальною і максимальною врожайністю ($Y_2 - Y_1$). Він має від'ємне значення, і при більшій його величині стійкість до стресу вважають вищою. Характеристику сортів за стійкістю до стресу доповнює величина $(Y_1 + Y_2) / 2$, яка виражає ступінь відповідності між генотипом сорту й різними факторами середовища (генотипова гнучкість) [5].

Також визначали ефект генотипу (різниця між середнім показником кількісної ознаки за набором генотипів і відповідним значенням конкретного генотипу) [9], рівень стійкості до стресу (різниця між мінімальною і максимальною врожайністю), генетичну гнучкість, яка показує ступінь відповідності між генотипом і різними факторами зовнішнього середовища (сума мінімальної та максимальною врожайності, розділена на два) [5, 39, 40]. Статистичний аналіз даних урожайності провели дисперсійним методом за Б. А. Доспеховим [10] і в програмі «Microsoft Excel» [37]. Кластерний аналіз для групування селекційних генотипів за показниками екологічної адаптивності проводили з використанням евклідових відстаней в програмі «Statistica 10».

Метеорологічні умови в перші два роки досліджень характеризувалися недостатньою кількістю опадів в основний період вегетації ярих зернових культур (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 здебільшого за рахунок зливових опадів у I декаді червня (+65 мм до норми). Підвищений рівень опадів також спостерігали в III декаді червня і II декаді липня. Сума опадів за травень – червень становила 338,5 мм, що на 58,5 мм перевищувало багаторічну норму.

Результати та обговорення. Аналіз результатів урожайності в роки сорто випробування виявив значні відмінності залежно від умов

вегетаційного періоду та в середньому за три роки по групі сортів. Різниця врожайності при вирощуванні в оптимальних умовах порівняно з лімітованими склала 0,68 т/га. Розмах варіації за оптимальних умов був на 0,25 т/га більший, ніж за лімітованих, і склав 1,51 т/га. За середньої врожайності виділялася селекційна лінія 702-1-12 – 4,39 т/га, яка перевищила стандартні сорти Командор і Княжий на 0,70 і 0,60 т/га відповідно. Варіабельність середньої продуктивності була незначною – коефіцієнт варіації склав усього 6,35% (табл. 1).

1. Показники екологічної адаптивності генотипів ярого ячменю за ознакою «врожайність зерна» (2016–2018), т/га

Сорт, селекційний номер	Урожайність, т/га			Hom_1	Hom_2	Sc	ЕФ	СС	ГГ
	X_{lim}	X_{opt}	X						
Командор	3,55	3,86	3,69	86,64	279,47	3,39	-0,09	-0,31	3,71
Княжий	3,73	3,84	3,79	260,73	2370,29	3,68	0,01	-0,11	3,79
545-5-9	3,41	3,97	3,71	48,88	87,29	3,19	-0,07	-0,56	3,69
538-2-6	3,33	3,85	3,62	49,61	95,40	3,13	-0,16	-0,52	3,59
409-1-4	3,56	4,27	3,81	36,40	51,27	3,18	0,03	-0,71	3,92
699-2-18	2,81	4,51	3,73	16,20	9,53	2,32	-0,05	-0,70	3,66
700-3-17	3,10	4,08	3,70	25,94	26,46	2,81	-0,08	-0,92	3,59
702-1-12	4,07	4,98	4,39	37,86	41,61	3,59	0,61	-0,91	4,53
703-1-10	3,39	3,75	3,62	66,39	184,42	3,27	-0,16	-0,36	3,57
Середнє	3,44	4,12	3,78	69,85	349,53	3,17	0,00	-0,57	3,78
Min	2,81	3,75	3,62	16,20	9,53	2,32	-0,16	-0,92	3,57
Max	4,07	4,98	4,39	260,73	2370,29	3,68	0,61	-0,11	4,53
R	1,26	1,51	0,79	244,53	2360,76	1,36	0,78	1,03	0,96
V , %	10,50	9,71	6,35	106,81	218,19	12,9			7,94

Примітка. X_{lim} – мінімальна врожайність; X_{opt} – максимальна врожайність; X – середня врожайність; Hom_1 і Hom_2 – показники гомеостатичності, Sc – селекційна цінність; ЕФ – ефект генотипу, т/га; СС – стресостійкість, т/га; ГГ – генотипова гнучкість, т/га.

Високою гомеостатичністю показника врожайності вирізнялися стандартні сорти Княжий ($Hom_1 = 260,73$; $Hom_2 = 2370,29$) і Командор ($Hom_1 = 86,64$; $Hom_2 = 279,47$). Їм поступався тільки селекційний номер 703-1-10 Командор ($Hom_1 = 66,39$; $Hom_2 = 184,42$). У тих же генотипів ярого ячменю була також висока селекційна цінність (Sc) ознаки врожайності від 3,27 у 703-1-10 до 3,68 у сорту Княжий.

Високою селекційною цінністю також відзначена селекційна лінія 702-1-12 (3,59 т/га).

Показник ефекту генотипу дає змогу оцінити продуктивність окремого зразка в досліджуваній серії. Всього лише 3 селекційні генотипи характеризувалися його позитивними значеннями: 702-1-12, 409-1-4 і сорт Княжий, відповідно, 0,61; 0,03 і 0,01 т/га. Максимально негативним ефектом генотипу ($-0,16$) вирізнялися селекційні лінії 538-2-6 і 703-1-10. Згідно з показником стійкості до стресу підвищеною стресостійкістю володіли сорти Княжий ($-0,11$), Командор ($-0,31$) і 703-1-10 ($-0,36$), а селекційні лінії 700-3-17 ($-0,92$) і 702-1-12 ($-0,91$) були нестійкими до стресу за ознакою «врожайність зерна». Максимальна генетична гнучкість ознаки врожайності спостерігалася в селекційних ліній 702-1-12 (4,53), 409-1-4 (3,92) і сортів Княжий (3,79), Командор (3,71 т/га). Мінливість показника генетичної гнучкості в групі досліджуваних генотипів була незначною ($R = 0,96$ т/га; $V = 7,94\%$).

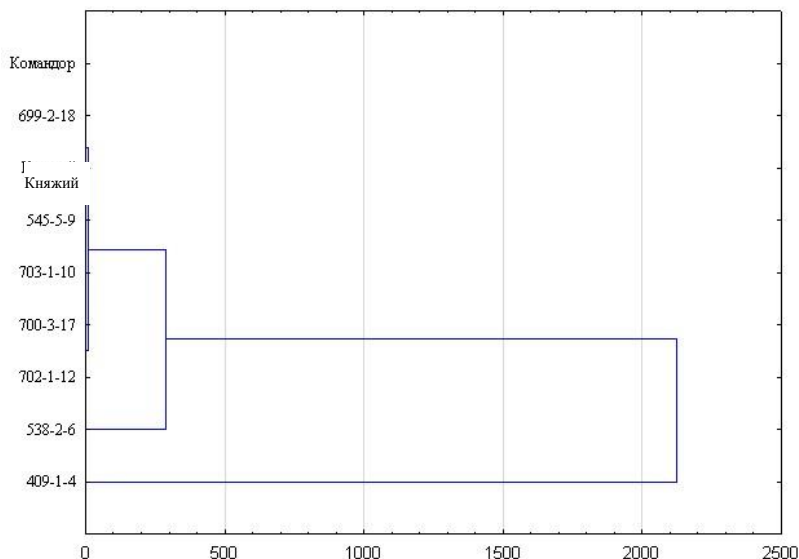


Рис. 1. Результати кластерного аналізу екологічної адаптивності генотипів ячменю ярого за ознакою «врожайність зерна» (по горизонталі – евклідові відстані, по вертикалі – номери зразків)

Кластерний аналіз за даними екологічної пластичності ознаки «врожайність зерна» дає змогу зробити висновок про аналогічну реакцію на зміни умов вирощування сортів Командор, Княжий і селекційних ліній 699-2-18, 545-5-9, 703-1-10, 703-1-10, 700-3-17 та 702-1-12, тоді як лінії 538-2-6 та, особливо, 409-1-4 вирізнялися за екологічною адаптивністю врожайності (рис. 1).

Аналіз урожайності генотипів вівса виявив, що в середньому за три роки найвищу середню продуктивність продемонстрували селекційні лінії 369-6-3, 279-1-3 і 359-1-1 – відповідно, 4,08; 4,02 і 4,00 т/га (табл. 2).

2. Показники екологічної адаптивності генотипів вівса за ознакою «врожайність зерна» (2016–2018)

Сорт, селекційний номер	Урожайність, т/га			b_i	S^2_i	Hom	Sc	ЕФ	СС	ГГ
	X_{lim}	X_{opt}	X							
Закат	3,33	4,22	3,89	1,15	0,06	31,04	3,07	0,17	-0,89	3,78
Артур	3,38	4,39	3,99	1,09	0,21	29,77	3,07	0,27	-1,01	3,89
112-196	3,57	4,41	3,95	1,05	0,03	36,57	3,20	0,23	-0,84	3,99
279-1-3	3,50	4,60	4,02	1,35	0,02	29,25	3,06	0,300	-1,10	4,05
359-1-1	3,67	4,58	4,00	1,11	0,13	31,60	3,21	0,28	-0,91	4,13
369-6-3	3,48	4,50	4,08	1,30	0,04	31,11	3,16	0,36	-1,02	3,99
407-1	2,22	3,23	2,72	1,23	0,01	14,65	1,87	-1,00	-1,01	2,73
377-1-10	3,35	3,96	3,58	0,67	0,10	38,66	3,03	-0,14	-0,61	3,66
380-1-9	3,43	4,05	3,71	0,80	0,01	43,79	3,14	-1,01	-0,62	3,74
400-2-10	3,64	4,27	3,88	0,80	0,04	45,26	3,33	0,16	-0,60	3,94
405-1-5	2,36	3,56	3,13	1,50	0,13	14,60	2,07	-0,59	-1,20	2,96
Середнє	3,27	4,16	3,72	1,10	0,04	31,48	2,93	-0,09	-0,89	3,71
Min	2,22	3,23	2,72	0,67	0,00	14,60	1,87	-1,01	-1,20	2,73
Max	3,67	4,60	4,08	1,35	0,21	45,26	3,33	0,36	-0,60	4,13
R	1,45	1,37	1,36	0,68	0,21	30,66	1,46	1,37	1,80	1,40

Примітка. X_{lim} – мінімальна врожайність; X_{opt} – максимальна врожайність; X – середня врожайність; b_i – коефіцієнт регресії; S^2_i – варіанса стабільності; Hom – гомеостатичність; Sc – селекційна цінність; ЕФ – ефект генотипу, т/га; СС – стресостійкість, т/га; ГГ – генотипова гнучкість, т/га.

Коефіцієнт регресії (b_i) характеризує середню реакцію сортозразка на зміну умов середовища. Його більше значення вказує на ширшу норму реакції та підвищений рівень пластичності. Згідно з

коефіцієнтом регресії більшість досліджуваних генотипів вівса були достатньо пластичними за ознакою «врожайність зерна», а найвищою пластичністю відзначилися 279-1-3 ($b_i = 1,35$), 369-6-3 ($b_i = 1,30$) та селекційна лінія 407-1 ($b_i = 1,23$) з голозерним типом зерна. Більш стабільна врожайність зерна виявилася в селекційних ліній 380-1-9, 407-1 ($S^2_i = 0,01$) та 279-1-3 ($S^2_i = 0,02$).

При вирощуванні в оптимальних умовах найбільш продуктивні селекційні лінії також були кращими за врожайністю – від 4,50 у 396-6-3 до 4,60 т/га у 279-1-3. За несприятливих умов (X_{lim}) лише селекційна лінія 359-1-1 виділялася порівняно вищою продуктивністю (3,67 т/га), а кращими за врожайністю були 400-2-10 (3,64 т/га) і 112-196 (3,57 т/га). Голозерні генотипи 407-1 (Крепыш / AC Belmont) і 405-1-5 (AC Belmont / Крепыш) із середнім врожаєм зерна, відповідно, 2,72 і 3,13 т/га відставали від пливчастих селекційних ліній і стандартних сортів.

Важливим показником стійкості до несприятливих чинників середовища є гомеостатичність, яка показує здатність генотипів зменшувати наслідки впливу шкідливих біотичних та абіотичних факторів. Висока гомеостатичність ознаки «врожайність зерна» виявилася в менш урожайних генотипів 400-2-10, 380-1-9 і 377-1-10, відповідно, 45,26, 43,79 і 38,66. Селекційна лінія з найвищою гомеостатичністю врожайності (400-2-10) показала й найвищу селекційну цінність (3,33).

Найбільш високопродуктивні генотипи вівса (369-6-3, 279-1-3 і 359-1-1) також мали високі показники ефекту генотипу (0,28–0,36) та генотипової гнучкості (3,99–4,13). Найвищий рівень стресостійкості (–0,60...–0,62) виявився у найбільш гомеостатичних генотипів: 400-2-10, 377-1-10 і 380-1-9.

Перевага методу кластерного аналізу полягає в тому, що його математичний апарат дає змогу знайти й виділити реальне нагромадження об'єктів (точок) в ознаковому просторі на підставі одночасного групування за великою кількістю ознак [13, 14]. Побудова та аналіз дендрограм деталізує інформацію про характер зв'язків між лініями на рівні кластерів і конкретизує зв'язки між генотипами в їхніх межах. Дендрограма являє собою одномірний граф кластерів, побудованих за відстанями генетичних дистанцій. Вони розташовані за ієрархічними рівнями й підкреслюють схожість генотипів за обраною для аналізу сукупністю ознак [14, 22].

Кластерний аналіз дає змогу ідентифікувати генотипи вівса за генетично зумовленою екологічною пластичністю ознаки врожайності (рис. 2).

Формування кластерів у дослідженнях екологічної адаптивності ознаки «врожайність зерна» розпочалося на відстанях генетичних дистанцій менше 1. Найбільш близькими за показниками пластичності та стабільності виявилися селекційні лінії 359-1-1, 369-6-3 і сорт Закат. Наступний близький підкластер сформували сорт Артур і селекційна лінія 279-1-3. Окремий підкластер на дещо більших відстанях утворили лінії 405-1-5 і 407-1, тобто голозерні генотипи. На відстанях генетичних дистанцій, рівних 2 та більше, об'єдналися в підкластери 400-2-10 і 380-1-9 та 377-1-10 і 112-196.

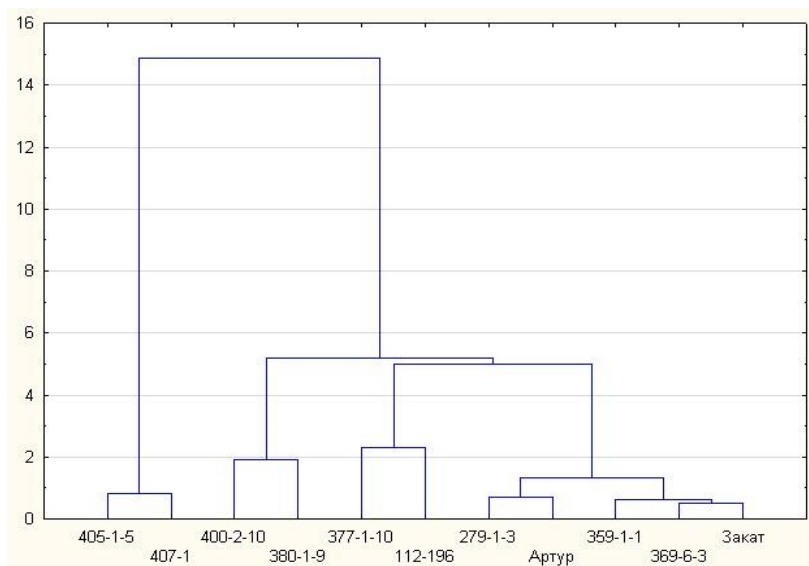


Рис. 2. Результати кластерного аналізу екологічної адаптивності генотипів вівса за ознакою «врожайність зерна» (по горизонталі – номери зразків, по вертикалі – евклідові відстані)

Висновки. В результаті вивчення 7 селекційних генотипів і 2 стандартних сортів ярого ячменю було визначено екологічну адаптивність за кількісною ознакою «врожайність зерна». Кластерний аналіз за даними екологічної пластичності ознаки «врожайність зерна» ячменю ярого дає змогу зробити висновок про реакцію на зміни умов

вищущування сортів Командор, Княжий і селекційних ліній 699-2-18, 545-5-9, 703-1-10, 703-1-10, 700-3-17 і 702-1-12. Найбільшу генетичну дивергенцію за згаданою ознакою виявили зразки 538-2-6 та 409-1-4. За допомогою кластерного аналізу можна оцінювати генетичну схожість або генетичну віддаленість генотипів вівса за показниками екологічної адаптивності кількісних ознак. За ознакою «врожайність зерна» найбільш близькими за показниками пластичності й стабільності виявилися селекційні лінії 279-1-3, 359-1-1, 369-6-3 та сорти Закат і Артур, які утворили найбільший кластер.

Список використаної літератури

1. Адаптивні особливості сортів тритикале ярого в умовах Східного Лісостепу України / В. К. Рябчун та ін. *Агробіологія*. 2017. № 1. С. 56–60.
2. Багатосередовищні випробування ячменю ярого за врожайністю та стабільністю / О. А. Демидов та ін. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2017. Т. 13. № 4. С. 343–350.
3. 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.
4. Гаврилюк М. М. Селекція та насінництво – основа інтенсифікації галузі рослинництва. *Посібник українського хлібороба*. 2012. С. 24–25.
5. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур. *Вестник РАСХН*. 2005. № 6. С. 49–53.
6. Гудзенко В. В., Васильківський С. П., Поліщук Т. П. Продуктивність та адаптивність зразків генофонду ячменю ярого в багаторічних випробуваннях у Центральному Лісостепу України. *Генетичні ресурси рослин*. 2017. № 20. С. 31–40.
7. Гудзенко В. М., Василенко Н. В. Стабільність та пластичність зразків ячменю ярого за кількістю зерен з головного колоса. *Вісник Сумського НАУ. Сер.: Агрономія і біологія*. 2012. Вип. 9 (24). С. 161–166.

References

1. Adaptive specifics of spring triticale cultivars under conditions of the Eastern Forest Steppe of Ukraine / V. K. Riabchun et al. *Agrobiologia*. 2017. No. 1. P. 56–60.
2. Multienvironmental experiments on the spring barley by productivity and stability / O. A. Demidov et al. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2017. Vol. 13. No. 4. P. 343–350.
3. Vasyliuk P. M. Estimates of the stability and plasticity of productivity parameters and of the quality of new cultivars of the winter wheat under conditions of the Forest Steppe of Ukraine. *Cultivar Studies and Protection of Rights for Plant Cultivars*. 2014. No. 1. P. 15–18.
4. Havryliuk M. M. Selection and seed farming – the basis for intensification in the field of horticulture. *Posibnyk ukrainskoho khliboroba*. 2012. Vol. I. P. 24–25.
5. Honcharenko A. A. On the adaptivity and ecological stability of cereal cultivars. *Vestnik of RAAS*. 2005. No. 6. P. 49–53.
6. Hudzenko V. V., Vasykivskiy S. P., Polishchuk T. P. Productivity and adaptiveness of gene pool specimens of the spring barley in perennial experiments in the Central Forest Steppe of Ukraine. *Genetic Resources of Plants*. 2017. No. 20. P. 31–40.
7. Hudzenko V. M., Vasylenko N. V. Stability and plasticity of specimens of the spring barley by the number of grains in the main ear. *Visnyk of Sumy NAU. Series: Agronomy and Biology*. 2012. Issue 9 (24). P. 161–166.

8. Гудзь Ю. В., Лавриненко Ю. А. Теория и практика адаптивной селекции кукурузы. Херсон : БОРИСФЕН-полиграфсервис, 1997. 168 с.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е, перераб. и доп. Москва, 1985. 351 с.
10. Екологічне сортовипробування ячменю ярого на завершальному етапі селекції / О. А. Демидов та ін. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 4. С. 58–65.
11. Жученко А. А. Экологическая генетика культурных растений (адаптация, рекомбиногенез, агробиоценоз). Кишинев, 1980. С. 587.
12. Кадыров М. А. Оптимизация системы семеноводства в современных условиях. *Вестник семеноводства в СНГ*. 2000. № 2. С. 34.
13. Клімова О. Є. Кластерний аналіз рекомбінантних ліній кукурудзи цукрової за сукупністю селекційних ознак. *Бюлетень Ін-ту зернових культур НААН України*. 2014. № 7. С. 56–63.
14. Коровий В., Захарчук О., Рябий А. З якою ж ефективністю використовуються рослинні ресурси на Вінниччині. *Зерно і хліб*. 2010. № 4. С. 46–48.
15. Ли Ч. Введение в популяционную генетику. Москва : Мир, 1978. 555 с.
16. Маренюк О. Б. Пластичність та стабільність кількісних ознак колекційних зразків ячменю ярого в умовах підвищеної кислотності ґрунтів. *Селекція і насінництво*. 2014. Вип. 106. С. 77–81.
17. Мартынов С. П. Кластерний аналіз ярової пшениці по коефіцієнтам родства. *Цитология и генетика*. 1989. Т. 24. № 4. С. 37–43.
18. Методика проведення державного сортовипробування сортів на придатність до поширення в Україні: Загальна частина. *Охорона прав на сорти рослин* : офіс. бюлетень. 2003. Вип. 1. Ч. 3. 106 с.
19. Методика проведення експертизи та державного випробування сортів рослин зернових, круп'яних та
8. Gudz Yu. V., Lavrynenko Yu. A. The Theory and Practice of Adaptive Selection of the Corn. Kherson : BORISFEN-poligrafservis, 1997. 168 p.
9. Dospekhov B. A. Methodology of Field Experience (with basics of statistical analysis of field study results). 5th edition. Moscow, 1985. 351 p.
10. Ecological cultivar testing of the spring barley at the final stage of selection / O. A. Demidov et al. *Agroecological Journal*. 2017. No. 4. P. 58–65.
11. Zhuchenko A. A. Ecological genetics of cultivated plants (adaptation, recombination, agrobiocoenosis). Chisinau, 1980. P. 587.
12. Kadyrov M. A. Optimization of the system of seed farming in modern conditions. *Vestnik semenovodstva v SNG*. 2000. No. 2. P. 34.
13. Klimova O. Ye. Cluster analysis of recombined lines of the sweet corn by the sum of selective characters. *Bulletin of the Institute of Cereals NAAS of Ukraine*. 2014. No. 7. P. 56–63.
14. Koroviy V., Zakharchuk O., Riabyi A. The effectiveness of use of plant resources of Vinnytsia Oblast, Ukraine. *Seed and Bred*. 2010. No. 4. P. 46–48.
15. Lee Ch. Introduction to Population Genetics. Moskva : Mir, 1978. 555 p.
16. Marenjuk O. B. Plasticity and stability of quantitative characters of collection specimens of the spring barley under conditions of increased soil acidity. *Selection and Seed Farming*. 2014. Issue 106. P. 77–81.
17. Martynov S. P. Cluster analysis of the spring wheat by kinship coefficients. *Cytology and Genetics*. 1989. Vol. 24. No. 4. P. 37–43.
18. Methodology of state cultivar expertise on possible distribution in Ukraine: General part. *Protection of Rights for Plant Cultivars* : official bulletin. 2003. Issue 1. Part 3. 106 p.
19. Methodology of state cultivar expertise of cereals and grain crops. *Protection of Rights for Plant Cultivars* : official bulletin. 2003. Issue 2. Part 3. 214 p.

зернобобових культур. *Охорона прав на сорти рослин* : офіц. бюлетень. 2003. Вип. 2. Ч. 3. 214 с.

20. Москалець Т. З. Прояв стабільності та пластичності генотипів пшениці м'якої озимої в умовах лісостепового екотопу. *Вісник Укр. тов-ва генетиків і селекціонерів*. 2015. Т. 13. № 1. С. 51–55.

21. Опря А. Т. Статистика (модульний варіант з програмованою формою контролю знань) : навч. посіб. Київ, 2012. 448 с.

22. Особливості формування врожайності та прояв ознак продуктивності у сортів пшениці озимої в умовах Південного Степу / В. В. Базалій та ін. *Таврійський наук. вісник*. 2017. Вип. 97. С. 3–12.

23. Порівняльний аналіз статистичних програмних продуктів для кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення / Н. В. Лещук та ін. *Сортовичення та охорона прав на сорти рослин*. 2017. Т. 13. № 4. С. 429–435.

24. Продуктивність сортів ячменя ярового в екологічному сортоиспытании / П. Н. Солонечный и др. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2014. № 4. С. 96–99.

25. Радченко А. Сорт рослин як об'єкт аграрних правовідносин. *Jornalul juridic national: teorie si practica*. 2016. № 1. Ч. 1. С. 73–77.

26. Рівень адаптивності перспективних ліній пшениці м'якої озимої в умовах Лісостепу України / В. С. Кочмарський та ін. *Миронівський вісник*. 2016. Вип. 2. С. 98–116.

27. Рослинництво / В. В. Базалій та ін. Херсон : ФОП Грінь Д. С., 2015. 520 с.

28. Солонечный П. М. Адаптивний потенціал перспективних ліній ячменю озимої селекції ІР ім. В. Я. Юр'єва НААН. *Вісник ЦНЗ АПВ Харків. обл.* 2013. Вип. 15. С. 119–125.

29. Солонечный П. М. Оцінка адаптивної здатності та стабільності сортів ячменю ярого за продуктивністю. *Вісник Полтавської держ. аграрної акад.* 2014. № 4. С. 48–53.

20. Moskalets T. Z. The stability and plasticity of genotypes of the winter wheat under conditions of forest steppe ecotope. *Proceedings of the Ukrainian Society of Geneticists and Breeders*. 2015. Vol. 13. No. 1. P. 51–55.

21. Opra A. T. Statistics (modul version with a programmed form of control) : a handbook. Kyiv, 2012. 448 p.

22. Specifics of yield formation and features of productivity of winter wheat cultivars under conditions of the Southern Steppe / V. V. Bazaliy et al. *Taurida Scientific Bulletin*. 2017. Issue 97. P. 3–12.

23. Comparative analysis of statistical software for qualification expertise of plant cultivars for their possible distribution / N. V. Leshchuk et al. *Cultivar Studies and Protection of Rights for Plant Cultivars*. 2017. Vol. 13. No. 4. P. 429–435.

24. Productivity of spring barley cultivars in ecological cultivar testing / P. N. Solonechnyi et al. *Leguminous and Cereal Plants*. 2014. No. 4. P. 96–99.

25. Radchenko A. Cultivar as an objects of agrarian legal relations. *Jornalul juridic national: teorie si practica*. 2016. No. 1. Part 1. P. 73–77.

26. The level of adaptiveness of perspective lines of the winter wheat under conditions of the Forest Steppe of Ukraine / V. S. Kochmarskyi et al. *Myronivskyi visnyk*. 2016. Issue 2. P. 98–116.

27. Horticulure / V. V. Balaziy et al. Kherson, 2015. 520 p.

28. Solonechnyi P. M. Adaptive potential of perspective lines of the spring barley bred by the Institute of Horticulture of NAAS of Ukraine. *Visnyk CNZ APV Kharkivskoi oblasti*. 2013. Issue 15. P. 119–125.

29. Solonechnyi P. M. Estimation of the adaptive potential and stability of spring barley cultivars by their productivity. *Visnyk of Poltava State Agrarian Academy*. 2014. No. 4. P. 48–53.

30. Cultivar and its role to increase productivity / V. V. Shelepov et al. *Cultivar Studies and Protection of Rights for Plant Cultivars*. 2006. No. 3. P. 114.

30. Сорт і його значення в підвищенні урожайності / В. В. Шелепов та ін. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2006. № 3. С. 114.
31. Стабільність елементів продуктивності сортів ячменю ярого в екологічному випробуванні / П. М. Солонечний та ін. *Селекція і насінництво*. 2014. Вип. 105. С. 194–201.
32. Статистичні параметри адаптивності за урожайністю нових генотипів пшениці м'якої озимої / Л. А. Коломієць та ін. *Вісник Укр. тов-ва генетиків і селекціонерів*. 2009. Т. 7. № 2. С. 198–205.
33. Стрихар А. Є., Танцора С. Ю. Перспективи розвитку насінництва на Київщині. *Посібник українського хлібороба*. 2012. Т. 1. С. 35–37.
34. Хангильдин В. В., Литвиненко Н. А. Гомеостатичність и адаптивність сортов озимої пшениці. *Науч.-техн. бюллетень ВСГИ*. 1981. Вып. 39. С. 8–14.
35. 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.
36. Шевченко А. И. Зерновые для себя. *Агровісник України*. 2008. № 5 (28). С. 34–40.
37. Яковлев В. Б. Статистика. Расчеты в Microsoft Excel. Москва : Колос, 2005. 352 с.
38. Eberhart S. A., Russel W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 1966. № 6. P. 336–400.
39. GGE biplot взаємодії генотип-середовище сортів ячменю ярого / П. М. Солонечний та ін. *Селекція і насінництво*. 2014. Вип. 106. С. 93–102.
40. Langer I., Frey K., Bailey T. Association among productivity, production response and stability index in oat. *Euphytica*. 1979. Vol. 28. P. 17–14.
31. Stability of elements of productivity of spring barley cultivars in ecological testing / P. M. Solonechnyi et al. *Selection and Seed Farming*. 2014. Issue 105. P. 194–201.
32. Statistical parameters of adaptiveness by productivity of new winter wheat genotypes / L. A. Kolomiets et al. *Visnyk of the Ukrainian Society of Geneticists and Breeders*. 2009. Vol. 7. No. 2. P. 198–205.
33. Strykhar A. Ye., Tantsiura S. Yu. Prospects of seed farming development in Kyiv Oblast, Ukraine. *Posibnyk ukrainskoho khliboroba*. 2012. Vol. 1. P. 35–37.
34. Khangildin V. V., Litvinenko N. A. Homeostaticity and adaptiveness of winter wheat cultivars. *Nauchno-tehnicheskyy byulleten VSGI*. 1981. Issue 39. P. 8–14.
35. Khomenko S. O., Fedorenko I. V., Fedorenko M. V. Homeostaticity and breeding value of collection specimens of the spring wheat for conditions of the Forest Steppe of Ukraine. *Myronivskiy visnyk*. 2016. Issue 3. P. 85–93.
36. Shevchenko A. I. Cereals for ourselves. *Agrovisnyk Ukrainy*. 2008. No. 5 (28). P. 34–40.
37. Yakovlev V. B. Statistics. Calculations in Microsoft Excel. Moscow : Kolos, 2005. 352 p.
38. Eberhart S. A., Russel W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 1966. No. 6. P. 336–400.
39. GGE biplot relations genotype-environment of spring barley cultivars / P. M. Solonechnyi et al. *Selection and Seed Farming*. 2014. Issue 106. P. 93–102.
40. Langer I., Frey K., Bailey T. Association among productivity, production response and stability index in oat. *Euphytica*. 1979. Vol. 28. P. 17–14.

Отримано 26.12.2020