

УДК 633.16:631.527

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ СЕЛЕКЦИОННЫХ ГЕНОТИПОВ ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО ПО АДАПТИВНЫМ СВОЙСТВАМ ПРИЗНАКОВ ПРОДУКТИВНОСТИ

А. Я. МАРУХНЯК, Ю. А. ЛИСОВА, Л. С. ПУРДЯК

*Институт сельского хозяйства Карпатского региона Национальной академии аграрных наук Украины,
с. Оброшино, Украина e-mail: anmarukhnyak@gmail.com*

(Поступила в редакцию 06.06.2019)

Исследования проводились на полях лаборатории селекции зерновых и кормовых культур Института сельского хозяйства Карпатского региона Национальной академии аграрных наук Украины (Львовская область) в 2016–2018 гг. Цель исследований была определить параметры адаптивных свойств по отдельным количественным признакам селекционных генотипов ярового ячменя и распределить их на кластеры согласно экологической адаптивности. В конкурсном сортоиспытании на протяжении трех лет изучали 7 селекционных линий и 2 стандартных сорта ярового ячменя. По количественным признакам урожайности, количества и массы зерна в колосе определяли показатели гомеостатичности, селекционной ценности, эффект генотипа, уровень устойчивости к стрессу и генетическую гибкость. Статистический анализ данных урожайности провели дисперсионным методом и в программе Excel. Кластерный анализ для группирования селекционных генотипов по показателям экологической адаптивности проводили с использованием метода евклидовых расстояний в программе STATISTICA 10.

Анализ результатов урожайности в годы сортоиспытания показал значительные отличия в зависимости от условий вегетационного периода, в среднем за три года по группе сортов разница урожайности при выращивании в оптимальных условиях по сравнению с лимитированными составила 0,68 т/га. По средней урожайности выделялась селекционная линия 702-1-12 – 4,39 т/га, которая опередила стандартные сорта Командор и Княжий соответственно на 0,70 и 0,60 т/га. Эта же линия по признаку «урожайность зерна» характеризовалась высокой селекционной ценностью, высоким положительным эффектом генотипа, повышенной стрессоустойчивостью и максимальной генетической гибкостью. По признакам количества зерен и их массе в колосе линия 702-1-12 (Княжий / Оболонь) также отмечена высокими показателями экологической адаптивности. По результатам проведенного кластерного анализа генотипы ярового ячменя были распределены согласно экологической адаптивности отдельных количественных признаков.

Ключевые слова: *ячмень, генотип, признак, урожайность, адаптивность.*

The studies were conducted on the fields of laboratory for the selection of grain and fodder crops of the Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (Lviv Region) in 2016-2018. The aim of research was to determine the parameters of adaptive properties according to individual quantitative characteristics of spring barley breeding genotypes and to distribute them into clusters according to environmental adaptability. In a competitive variety test during three years, 7 breeding lines and 2 standard varieties of spring barley were studied. According to quantitative signs of yield, quantity and weight of grain in the ear, the indicators of homeostaticity, breeding value, genotype effect, level of stress resistance and genetic flexibility were determined. Statistical analysis of yield data was carried out by the dispersion method and in Excel. Cluster analysis for grouping the breeding genotypes according to environmental adaptability was performed using the Euclidean distance method in the STATISTICA 10 program.

The analysis of yield results during the variety testing years showed significant differences depending on the conditions of the growing season, on average for three years in the group of varieties the difference in yield during cultivation under optimal conditions compared with limited conditions was 0.68 t / ha. In terms of average productivity, the breeding line 702-1-12 stood out at 4.39 t / ha, which was ahead of the standard varieties Comandor and Kniazhii by 0.70 and 0.60 t / ha, respectively. The same line on the basis of "grain yield" was characterized by high breeding value, high positive genotype effect, increased stress resistance and maximum genetic flexibility. According to the signs of the number of grains and their weight in the ear, the line 702-1-12 (Kniazhii / Obolon) is also marked by high indicators of environmental adaptability. According to the results of cluster analysis, the genotypes of spring barley were distributed according to the environmental adaptability of individual quantitative indicators.

Key words: *barley, genotype, trait, productivity, adaptability.*

Введение

В связи с глобальными изменениями климата особенное значение приобретает подбор генотипов зерновых культур с высоким генетическим потенциалом продуктивности и повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам среды [1–6]. Для селекции на адаптивность важно располагать информацией о степени гомеостатичности отдельных признаков в вариабельных условиях внешней среды наряду с общим гомеостазом индивидуального развития или буферности растительного организма вообще [7]. Достичь повышения стабильности урожая и качества зерна во времени и пространстве можно путем создания и внедрения в производство новых сортов, которые сочетают максимальную продуктивность с повышенным уровнем гомеостатичности [8, 9].

Параметры для оценки и сравнения стабильности, которые получили на основании дисперсионных и регрессионных анализов можно заменить более простыми. Были сделаны попытки разработать единый комплексный параметр для одновременной оценки и сравнения стабильности признака по его величине [10, 11]. Одним из таких комплексных понятий является гомеостаз развития, который характеризует приспособительную особенность генотипа поддерживать стабильность процессов саморегуляции, которые нарушаются под воздействием изменений условий внешней среды. Понятие гомеостаз развития впервые применил английский ученый Д. Лернер (Lerner J. M., 1954). Генетический аппарат растений обеспечивает норму реакции и адаптации к стрессовым факторам среды. Механизм гомеостаза определяет границы изменчивости и характер продукционных процессов в пределах генетической нормы растений [12].

Целью наших исследований было определение параметров адаптивных свойств по отдельным количественным признакам селекционных генотипов ярового ячменя и распределение их на кластеры согласно экологической адаптивности.

Основная часть

Исследования проводились на полях лаборатории селекции зерновых и кормовых культур Института сельского хозяйства Карпатского региона Национальной академии аграрных наук Украины (Львовская область) в 2016–2018 гг. Предшественник – озимые зерновые, фон минерального питания – $N_{60}P_{60}K_{60}$; агротехника общепринятая для выращивания ярового ячменя в зоне избыточного увлажнения. Учетная площадь делянок 25 м², повторность 4-кратная. Посев проводили селекционной сеялкой СКС-6-10 с аппаратом центрального высева, уборку осуществляли комбайном «Сампо–130». Учеты и наблюдения проводили согласно с соответствующими методиками государственного сортоиспытания [13, 14].

Западная часть Лесостепи Украины, где проводились опыты, характеризуется мягким климатом и относится к достаточно увлажненной климатической зоне. В среднем за год здесь выпадает 600–620 мм осадков, 70 % которых приходится на теплый период года, влажность воздуха достаточно высокая. Сумма эффективных температур (свыше 10 °С) достигает 2300–2500 °С, а ГТК за этот период равняется 1,5–1,8. Переход от одного сезона к другому происходит достаточно медленно, разница температур лета и зимы незначительная.

Метеорологические условия в первые два года проведения исследований характеризовались недостаточным количеством осадков в основной период вегетации ярового ячменя (май–июль): 2016 г. – 187,2 и 2017 г. – 164,7 мм при средней многолетней – 280 мм. Температура воздуха во все месяцы вегетации, без исключения, была выше средних многолетних показателей. 2018 г. резко отличался режимом атмосферного увлажнения в основном за счет ливневых осадков во второй декаде июля (+ 65,0 мм к норме). Повышенный уровень осадков также наблюдался в 3-й декаде июня и 2–3 декадах июля, соответственно на 14,6; 13,2 и 26,0 мм выше нормы. В целом сумма осадков за май–июль составила 338,5 мм, что на 58,5 мм превысило многолетние показатели. Большинство селекционных генотипов ярового ячменя в этом году отличались большей урожайностью несмотря на благоприятные условия для развития грибных болезней и пониженной устойчивости к полеганию.

На протяжении 2016–2018 гг. в конкурсном сортоиспытании все три года изучались 7 селекционных линий ярового ячменя: 545-5-9 (Чудовый / Княжий), 538-2-6 (Галактик / Княжий), 409-1-4 (СОЛ-42 / ST 167), 699-2-18 (Одесский 164 / Бескыд), 700-3-17 (Княжий / Рось), 702-1-12 (Княжий / Оболонь), 703-1-11 (Abissinica 1105 / Надия) и стандартные сорта Командор и Княжий. По количественным признакам урожайности, количество и массу зерна в колосе определяли показатели гомеостатичности и селекционной ценности, используя методику В. В. Хангильдина [15, 16] по следующим формулам: $Hom1 = X^2 / \sigma$; $Hom2 = X^2 / \sigma (X_{opt} - X_{lim})$; $Sc = X (X_{lim} / X_{opt})$, где $Hom1$ и $Hom2$ – показатели гомеостатичности, X , X_{opt} , X_{lim} – соответственно усредненная по генотипу средняя арифметическая, оптимальная и лимитированная величины признака, σ – среднее квадратическое отклонение и Sc – показатель селекционной ценности. За X_{lim} принято

наименьшее значение признака в годы исследований, а за Хорт – наивысшее. Также определяли эффект генотипа (разница между средним показателем количественного признака по набору генотипов и соответствующим значением конкретного генотипа) [8], уровень устойчивости к стрессу (разница между минимальной и максимальной урожайностью), генетическую гибкость, которая показывает степень соответствия между генотипом и разными факторами внешней среды (сумма минимальной и максимальной урожайности, разделенная на два) [17, 18]. Статистический анализ данных урожайности провели дисперсионным методом по Б. А. Доспехову [19] и в программе Excel [20]. Кластерный анализ для группирования селекционных генотипов по показателям экологической адаптивности проводили с использованием евклидовых расстояний в программе STATISTICA 10.

Анализ результатов урожайности в годы сортоиспытания показал значительные отличия в зависимости от условий вегетационного периода и в среднем за три года по группе сортов разница урожайности при выращивании в оптимальных условиях по сравнению с лимитированными составила 0,68 т/га. Размах вариации при оптимальных условиях был на 0,25 т/га больше, чем при лимитированных и составил 1,51 т/га. По средней урожайности выделялась селекционная линия 702-1-12 – 4,39 т/га, которая опередила стандартные сорта Командор и Княжий на 0,70 и 0,60 т/га соответственно. Вариабельность средней продуктивности была незначительной – коэффициент вариации составил всего лишь 6,35 % (табл. 1).

Таблица 1. Показатели экологической адаптивности генотипов ярового ячменя по признаку «урожайность зерна», 2016–2018 гг., т/га

Сорт, селекционный номер	Урожайность,			Hom1	Hom2	Sc	Эффект генотипа	Устойчивость к стрессу	Генетическая гибкость
	Xlim	Хорт	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
Среднее	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

Высокой гомеостатичностью показателя урожайности отличались стандартные сорта Княжий (Hom1 = 260,73; Hom2 = 2370,29) и Командор (Hom1 = 86,64; Hom2 = 279,47). Несколько уступал им селекционный номер 703-1-10 Командор (Hom1 = 66,39; Hom2 = 184,42). У тех же генотипов ярового ячменя была также высокая селекционная ценность (Sc) признака урожайности от 3,27 у 703-1-10 к 3,68 у сорта Княжий. Высокой селекционной ценностью также отмечена селекционная линия 702-1-12 (3,59 т/га).

Оценка по показателю эффекта генотипа позволяет оценить продуктивность отдельного генотипа в изучаемой серии. Всего лишь 3 селекционных генотипа характеризовались его положительными значениями: 702-1-12, 409-1-4 и с. Княжий соответственно 0,61; 0,03 и 0,01 т/га. Максимально отрицательным эффектом генотипа (-0,16) отличались селекционные линии 538-2-6 и 703-1-10.

Согласно показателю устойчивости к стрессу повышенной стрессоустойчивостью обладали сорта Княжий (-0,11), Командор (-0,31) и 703-1-10 (-0,36), а селекционные линии 700-3-17 (-0,92) и 702-1-12 (-0,91) – неустойчивы к стрессу, по признаку «урожайность зерна». Максимальная генетическая гибкость признака урожайности наблюдалась у селекционных линий 702-1-12 (4,53), 409-1-4 (3,92) и сортов Княжий (3,79), Командор (3,71 т/га). Изменчивость показателя генетической гибкости в группе изучаемых генотипов была незначительной (R = 0,96 т/га; V = 7,94 %).

Кластерный анализ по данным экологической пластичности признака «урожайность зерна» позволяет сделать вывод об аналогичной реакции на изменения условий выращивания сортов Командор, Княжий и селекционных линий 699-2-18, 545-5-9, 703-1-10, 703-1-10, 700-3-17 и 702-1-12, тогда как линия 538-2-6, а особенно 409-1-4 отличались по экологической адаптивности урожайности (рис. 1).

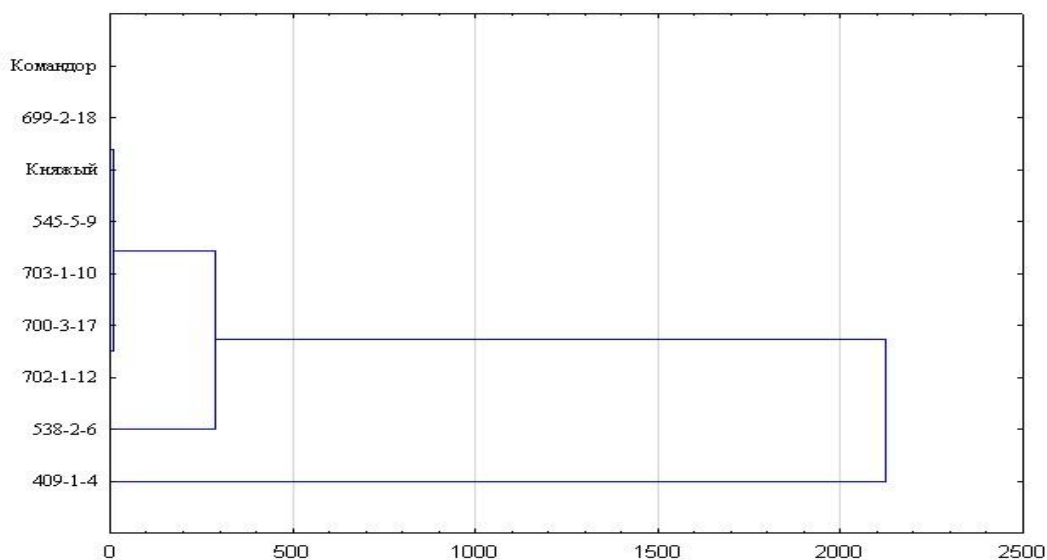


Рис. 1. Результаты кластерного анализа экологической пластичности признака урожайности зерна

В среднем за три года наибольшее среднее количество зерен в колосе отмечено у генотипов 699-2-8 (20,3 шт.), с. Командор и Княжий (по 19,3 шт.) и 545-5-9 (19,1 шт.). По озерненности колоса эти генотипы также были лучшими и при оптимальных условиях выращивания (соответственно 24,6; 21,6; 21,2) и 22,5 шт. При лимитированных условиях лучшую озерненность колоса показали с. Командор (18,0 шт.) и 702-1-2 (17,5 шт.). Изменчивость признака «количество зерен в колосе» была незначительной: от 4,69 % средних показателей к 9,79 % при лимитированных условиях. Согласно показателю Hom1 лучшей гомеостатичностью признака отмечены 702-1-2 (509,10); 409-1-4 (311,29); с. Командор (186,18), а Hom2 указывает на 702-1-12 (391,61); с. Княжий (35,28) и с. Командор (51,80) (табл. 2).

Таблица 2. Показатели экологической адаптивности генотипов ярового ячменя по признаку «количество зерен в колосе», 2016–2018 гг., шт.

Сорт, селекционный номер	Количество зерен в колосе, шт.			Hom1	Hom2	Sc	Эффект генотипа	Устойчивость к стрессу	Генетическая гибкость
	Xlim	Xopt	X						
Командор	18,0	21,6	19,3	186,48	51,80	16,1	0,6	-3,6	19,8
Княжий	16,7	21,2	19,3	158,78	35,28	15,2	0,6	-4,5	19,0
545-5-9	16,2	22,5	19,1	115,00	18,25	13,8	0,4	-6,3	19,4
538-2-6	14,5	19,7	17,3	114,10	21,94	12,7	-1,4	-5,2	17,1
409-1-4	16,8	18,8	18,0	311,29	17,49	16,1	-0,7	-2,0	17,8
699-2-18	16,3	24,6	20,3	99,10	11,94	13,5	1,6	-8,3	20,5
700-3-17	16,4	21,1	18,5	142,56	30,33	14,4	-0,2	-4,7	18,8
702-1-12	17,5	18,8	18,2	509,10	391,61	16,9	-0,5	-1,3	18,2
703-1-10	15,8	21,2	18,7	128,46	23,79	13,9	0,0	-5,4	18,5
Среднее	16,5	21,1	18,7	196,10	66,94	14,7	0,0	-4,6	18,8
Min	14,5	18,8	17,3	99,10	11,94	12,7	-1,4	-8,3	17,1
Max	18,0	24,6	20,3	509,10	391,61	16,9	1,6	-1,3	20,5
R	3,5	5,8	3,0	410,00	380,33	4,2	3,0	9,6	3,4
V, %	6,07	9,79	4,69	68,15	182,75	9,57			5,54

Высокую селекционную ценность анализируемого признака продемонстрировал генотип 702-1-12 (16,9), с. Командор и 409-1-4 (по 16,1 шт.). Наименьшие показатели селекционной ценности по этому признаку, как и среднее количество зерен в колосе, отмечено у селекционной линии 538-2-6. Положительный эффект генотипа показали 2 стандартных сорта и 2 селекционные линии: от 0,4 у 545-5-9 к 1,6 шт. у 699-2-18. У

селекционной линии 703-1-10 эффект генотипа не отличался от средних данных по изучаемому набору селекционных линий.

Уровень устойчивости к стрессу признака «количество зерен в колосе» колебался в пределах от -8,3 (699-2-18) к -1,3 (702-1-12). Достаточно высокая устойчивость к стрессу по этому показателю была также у селекционной линии 409-1-4 (-2,0) и с. Командор (-3,6). Генетическая гибкость при среднем значении 18,8 шт. изменялась в пределах от 17,1 (538-2-6) к 20,5 шт. (699-2-18). Высокая степень соответствия признака условиям внешней среды, на что указывает показатель генетической гибкости, была отмечена у селекционной линии 545-5-9 (19,4 шт.) и сортов Командор и Княжий, соответственно 19,8 и 19,0 шт. Изменчивость генетической гибкости в группе изучаемых генотипов ярового ячменя была незначительной ($R = 3,4$ шт.; $V = 5,54$ %).

Кластерный анализ показателей экологической адаптивности признака «количество зерен в колосе» показал, какие генотипы ярового ячменя наиболее близки по этому признаку. В числе первых объединились линии 545-5-9 и 538-2-6, в следующих итерациях к ним присоединились приблизительно на одинаковых евклидовых расстояниях 703-1-10, 700-3-17, 699-2-18 и с. Княжий. По мере удаления за ними расположились с. Командор и селекционные линии 409-1-4 и 702-1-12 (рис. 2).

Масса зерна в колосе играет важную роль в определении урожайности ярового ячменя. При выращивании в оптимальных условиях в полной мере проявлялись потенциальные возможности генотипов – от 1,05 г у 409-1-4 к 1,53 г у 699-2-18, а средние значения признака колебались в пределах от 0,97 (538-2-6) к 1,17 г (699-2-18). Максимальная гомеостатичность массы зерна в колосе была у 703-1-10 ($Hom1 = 36,7$; $Hom2 = 530,4$) и 409-1-4 ($Hom1 = 16,3$; $Hom2 = 178,0$).

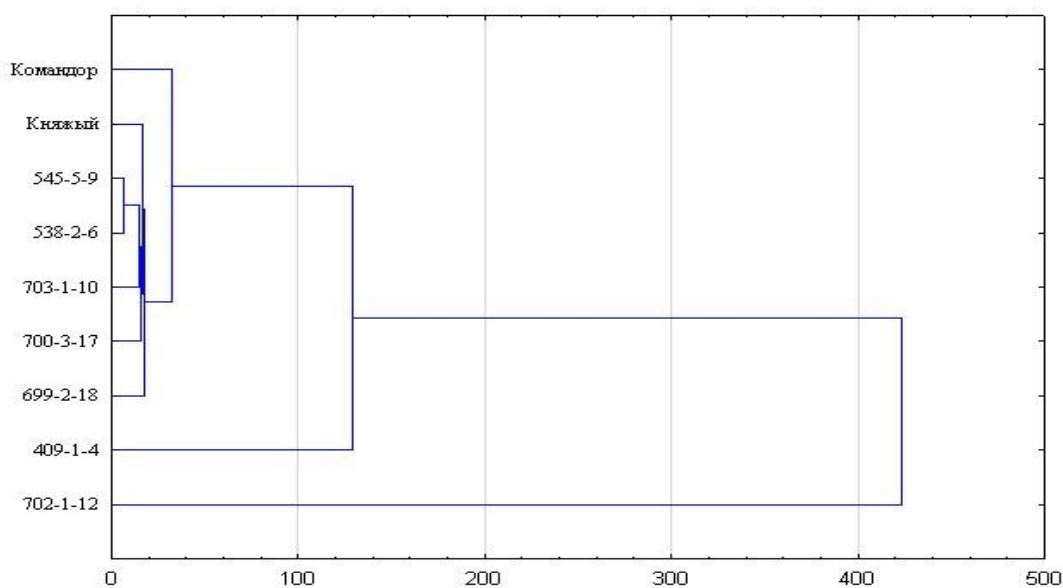


Рис. 2. Результаты кластерного анализа экологической адаптивности признака количества зерен в колосе

Высокой селекционной ценностью массы зерна в колосе отмечены линии 703-1-10, 409-1-4 и 702-1-2, соответственно 0,99; 0,87 и 0,80 г. Положительный эффект генотипа показали 699-2-18 (0,13), с. Княжий (0,10), 545-5-9 (0,06) и 703-1-10 (0,01). Высокой устойчивостью к стрессу по анализируемому признаку выделялись 703-1-10 (-0,06) и 409-1-4 (-0,10), а генетической гибкостью – 699-2-18 (1,22 г) и 545-5-9 (1,17 г). Вариабельность самого признака была несколько выше по сравнению с урожайностью зерна и количеством зерен в колосе и составило при оптимальных условиях 10,73 и лимитированных – 13,73 %, показателей селекционной ценности – 16,09 и генетической гибкости – 8,37 % (табл. 3).

Таблица 3. Показатели экологической адаптивности генотипов ярового ячменя по признаку «масса зерна в колосе», 2016–2018 гг., г

Сорт, селекционный номер	Масса зерна в колосе, г			Hom1	Hom2	Sc	Эффект генотипа	Устойчивость к стрессу	Генетическая гибкость
	Xlim	Xopt	X						
Командор	0,84	1,27	1,01	4,43	10,31	0,67	-0,03	-0,43	1,06
Княжий	0,80	1,47	1,14	3,82	5,79	0,62	0,1	-0,67	1,14
545-5-9	0,94	1,49	1,10	4,84	10,80	0,74	0,06	-0,45	1,17
538-2-6	0,73	1,23	0,97	3,76	7,46	0,58	-0,07	-0,50	0,98
409-1-4	0,95	1,05	0,99	16,30	178,00	0,90	-0,05	-0,10	1,00
699-2-18	0,91	1,53	1,17	4,28	6,83	0,70	0,13	-0,62	1,22
700-3-17	0,79	1,29	0,98	3,56	7,15	0,60	-0,06	-0,50	1,04
702-1-12	0,87	1,08	0,99	8,91	43,5	0,80	-0,05	-0,21	0,98
703-1-10	1,03	1,09	1,05	36,70	530,40	0,99	0,01	-0,06	1,06
Среднее	0,87	1,27	1,04	9,62	9,62	0,87	-0,02	-0,17	1,03
Min	0,73	1,05	0,97	3,56	5,79	0,58	-0,07	-0,67	0,98
Max	1,03	1,53	1,17	36,70	530,4	0,99	0,13	-0,06	1,22
R	0,30	0,48	0,20	33,10	524,20	0,41	0,20	0,73	0,24
V, %	10,73	13,70	7,20	113,86	1815,78	16,09			8,37

По результатам проведенного кластерного анализа с целью распределения генотипов ярового ячменя по экологической адаптивности признака «масса зерна в колосе» установлена группа с почти одинаковыми показателями – это сорта Командор, Княжий и селекционные линии 545-5-9, 538-2-6, 700-3-17 и 699-2-18. Линии 702-1-2, 409-1-4 и 703-1-10 характеризуются несколько другой реакцией анализируемого признака и располагаются согласно евклидовых расстояний по мере удаления от основного кластера (рис. 3).

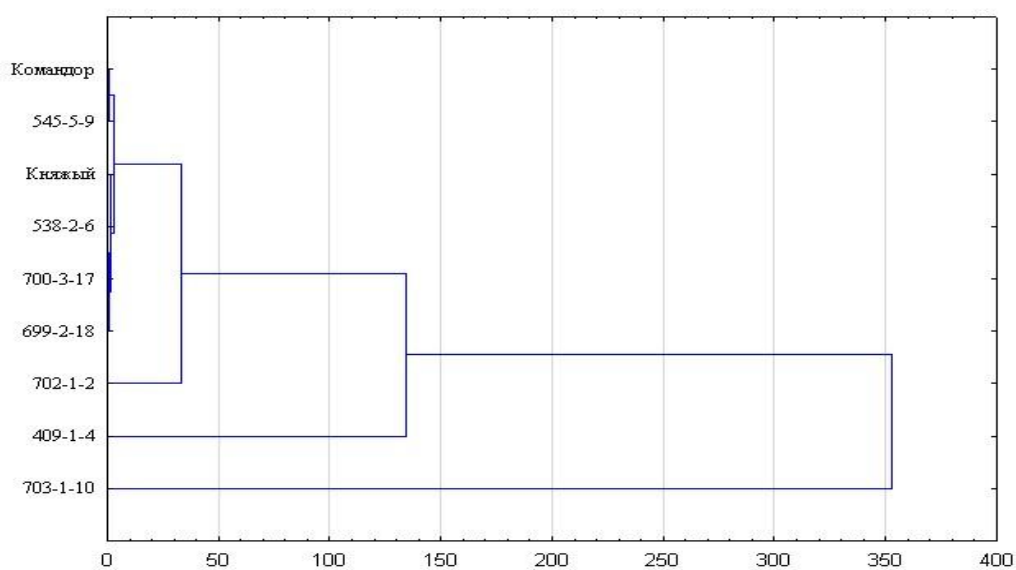


Рис. 3. Результаты кластерного анализа экологической адаптивности признака массы зерна в колосе

Заключение

В результате проведения трехлетних исследований 7 селекционных генотипов и 2 стандартных сортов ярового ячменя была определена экологическая адаптивность по количественным признакам продуктивности – урожайности зерна, количеству и массе зерна в колосе. Были установлены лучшие генотипы по развитию признаков в оптимальных и лимитированных условиях, гомеостатичности, селекционной ценности, эффекту генотипа, стрессоустойчивости и генетической гибкости. Кластерный анализ показателей экологической адаптивности по отдельным признакам позволил распределить селекционные генотипы согласно генетическому сходству реакции на изменения внешних условий выращивания растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гудзенко, В. М. Урожайність та адаптивність миронівських сортів ячменю ярого різних періодів селекційної роботи / В. М. Гудзенко, Т. П. Поліщук, О. О. Бабій, Л. В. Худолій // *Plant Varieties Studying and Protection*. – 2018. – Т. 14, № 2. – С. 190–202. DOI:10.21498/2518-1017.14.2.2018.134766.
2. Ващенко, В. В. Аналіз продуктивності пшениці м'якої озимої в умовах Північного Степу України / В. В. Ващенко, М. М. Назаренко // *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. – 2014. – № 4. – С. 68–72.
3. Мальчиков, П. Н. Оценка в эколого-географическом эксперименте адаптивности генотипов твердой пшеницы и дифференцирующей способности условий среды (годы, пункты) / П. Н. Мальчиков, В. С. Сидоренко, М. Г. Мясников, Д. В. Наумкин, Т. В. Оганян // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2016. – № 2(18). – С. 102–126.
4. Хоменко, С. О. Особливості селекції пшениці ярої в умовах Лісостепу України / С. О. Хоменко, В. Й. Солоня, Т. В. Зварун // *Селекція і насінництво*. – 2011. – Вип. 100. – С. 181–191.
5. Базалій, В. В. Особливості формування врожайності та прояв ознак продуктивності у сортів пшениці озимої в умовах Південного / В. В. Базалій, І. В. Бойчук, О. О. Домарацький, С. О. Оніщенко, А. С. Стець // *Таврійський науковий вісник*. – 2017. – Вип. 97. – С. 3–12.
6. Москалець, Т. З. Прояв стабільності та пластичності генотипів пшениці м'якої озимої в умовах лісостепового екоотопу / Т. З. Москалець // *Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів*. – 2015. – Т. 13, № 1. – С. 51–55.
7. Жученко, А. А. Экологическая генетика культурных растений (адаптация, рекомбинация, агробиотенез) / А. А. Жученко. – Кишинев: Штица, 1980. – С. 587.
8. Лавриненко, Ю. А. Теория и практика адаптивной селекции кукурузы / Ю. А. Лавриненко, Ю. В. Гудзь. – Херсон: БОРИСФЕН-полиграфсервис, 1997. – 168 с.
9. Бурденюк-Тарасевич, Л. А. Адаптивна система селекції сортів пшениці м'якої озимої / Л. А. Бурденюк, О. А. Дубова, В. М. Лискова // *Вісник аграрної науки*. – 2012. – № 3. – С. 38–41.
10. Смирязев, А. В. Биометрические методы в селекции растений / А. В. Смирязев, М. В. Гохман. – М.: Агропромиздат, 1985. – 214 с.
11. Смирязев, А. В. Генетика популяций и количественных признаков / А. В. Смирязев, А. В. Кильчевский. – М.: КолосС, 2007. – 272 с.
12. Тарчевский, И. А. Молекулярные аспекты фитоиммунитета / И. А. Тарчевский, В. М. Чернов // *Микология и фитопатология*. – 2000. – Т. 34, Вып. 3. – С. 3–10.
13. Методика проведення експертизи та державного випробування сортів рослин зернових, круп'яних та зернобобових культур // *Охорона прав на сорти рослин: офіційний бюлетень*. – 2003. – Вип. 2, част. 3. – 214 с.
14. Методика державного сортовипробування сортів на придатність до поширення в Україні: Загальна частина // *Охорона прав на сорти рослин: офіційний бюлетень*. – 2003. – Вип. 1, част. 3. – 106 с.
15. Хангильдин, В. В. О принципах моделирования сортов интенсивного типа / В. В. Хангильдин // *Генетика количественных признаков сельскохозяйственных растений*. – М.: Наука, 1978. – С. 111–116.
16. Хангильдин, В. В. Гомеостатичність і адаптивність сортів озимої пшениці / В. В. Хангильдин, Н. А. Литвиненко // *Науч.-техн. бюл. ВСГИ*. – Одесса, 1981. – Вып. 39. – С. 8–14.
17. Гончаренко, А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур / А. А. Гончаренко // *Вестник РАСХН*. – 2005. – № 6. – С. 49–53.
18. Langer, I. Association among productivity, production response and stability index in oat varieties / I. Langer, K. Frey, T. Bailey // *Euphytica*. – 1979. – Vol. 28. – P. 14–17.
19. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Изд. 5-е, перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
20. Яковлев, В. Б. Статистика. Расчеты в Microsoft Excel / В. Б. Яковлев. – М.: КолосС, 2005. – 352 с.