

УДК 633.11.

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ СОРТОВ И СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЙ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА И КАЧЕСТВА ЗЕРНА

Н.А. СТЕПАНОВА, старший научный сотрудник

В.С. СИДОРЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0000-0002-9921-6105

Е.Е. ЯНДУБАЙКИН

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР», ОРЕЛ

В данной статье приводятся экспериментальные данные по изучению кластерного анализа селекционного материала яровой мягкой пшеницы по показателям структурного анализа и качества зерна. В каждом кластере сгруппированы сорта и селекционные линии в зависимости от количественных признаков структуры урожая и их взаимодействия друг с другом. При использовании кластерного анализа сортов и селекционных линий мягкой яровой пшеницы были выделены перспективные кластеры, превосходящие отечественные и зарубежные сорта по сочетанию хозяйственно ценных признаков. Кластерный анализ позволил сгруппировать наиболее сходные и близкие сорта. Сорта Дарья (2021 и 2022 гг.), Одета (2022 г.) и селекционная линия Л-57 (2021 г.) образуют отдельные кластеры. Отмечено сходство между сортами Гранова, Грани, Корнетто. Кластерный анализ сортов мягкой яровой пшеницы показал, что направления селекции на высокую продуктивность колоса и качество зерна являются перспективными. В 2022 г. выявлена селекционная линия Д22 с массой зерна с колоса 1,86 г, образующая отдельный кластер. Сформированы селекционные кластеры №7 в 2021 г. и №№ 6, 7 в 2022 г. с содержанием белка в зерне 15,5...16,7%. При помощи кластерного анализа сортов мягкой яровой пшеницы были выделены новые кластеры, превосходящие отечественные и зарубежные сорта по набору хозяйственно ценных признаков, что позволит более целенаправленно вести отбор селекционного материала.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, сорт, селекционная линия, урожайность, структурный анализ, показатели качества зерна, селекционный кластер.

Для цитирования: Степанова Н.А., Сидоренко В.С., Яндубайкин Е.Е. Кластерный анализ сортов и селекционных линий яровой мягкой пшеницы по показателям структурного анализа и качества зерна. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 2(46): 107-116. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-107-116

CLUSTER ANALYSIS OF VARIETIES AND BREEDING LINES OF SPRING SOFT WHEAT BY INDICATORS OF STRUCTURAL ANALYSIS AND GRAIN QUALITY

N.A. Stepanova, V.S. Sidorenko, E.E. Yandubaykin

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS», OREL

Abstract: *This article presents experimental data on the study of cluster analysis of the breeding material of spring soft wheat in terms of structural analysis and grain quality. In each cluster, varieties and breeding lines are grouped depending on the quantitative characteristics of the crop structure and their interaction with each other. When using cluster analysis of varieties and breeding lines of soft spring wheat, promising clusters were identified that surpass domestic and foreign varieties in terms of a combination of economically valuable traits. Cluster analysis*

allowed grouping the most similar and close varieties. Varieties Daria (2021 and 2022), Odeta (2022) and the breeding line L-57 (2021) form separate clusters. There is a convergence between the varieties Granova, Facets, Cornetto. Cluster analysis of soft spring wheat varieties has shown that the directions of breeding for high ear productivity and grain quality are promising. In 2022, the D22 breeding line was identified with a grain weight per ear of 1.86 g, which forms a separate cluster. Breeding clusters No. 7 in 2021 and Nos. 6, 7 in 2022 were formed with a protein content in grain of 15.5 ... 16.7%. With the help of cluster analysis of soft spring wheat varieties, new clusters were identified that surpass domestic and foreign varieties in terms of a set of economically valuable traits, which will allow more targeted selection of breeding material.

Keywords: spring soft wheat, variety, breeding line, yield, structural analysis, grain quality indicators, breeding cluster.

Введение

Яровая мягкая пшеница одна из основных сельскохозяйственных культур, выращиваемых в центральной России. Увеличение объёма производства и улучшение качества зерна – важные задачи развития сельского хозяйства. Урожайность в значительной степени зависит от возделываемых сортов и своевременной сортомены их более совершенными генотипами [2]. Центральный и Центрально-Чернозёмный регионы являются одними из крупнейших производителей зерна яровой мягкой пшеницы в России. Площадь посевов в Центральном федеральном округе в 2022 г, составила 1236,6 тыс. га, валовой сбор – 5016,3 тыс. т, урожайность 4,12 т/га, что на 22,9% выше, чем в 2021 г. Задача обеспечения стабильными и высокими урожаями зерна была и остаётся актуальной. В современных условиях развития сельскохозяйственного производства при освоении инновационных технологий основная роль в повышении урожайности яровой пшеницы и снижении затрат на производство зерна принадлежит научно обоснованному подбору сортов [3].

Кластерный анализ является разновидностью задачи классификации, когда отсутствует множество представительства (эталонов), Он состоит в объединении объектов в группы (кластеры) в зависимости от степени сходства, определяемой по ряду критериев (признаков, свойств) [4]. Кластерный анализ применяется для решения широкого спектра задач, но чаще всего речь идет именно о задаче сегментации. Все исследования, посвященные проблеме сегментации, безотносительно того, какой используется метод, имеют целью идентифицировать устойчивые группы, каждая из которых объединяет в себя объекты с похожими характеристиками [5]. Использование кластерного анализа как метода индивидуального отбора у проса [6] и экспериментальная проверка кластеризации при изучении селекционного материала яровой твёрдой пшеницы и межвидовых гибридов позволили выявить тенденции повышения эффективности селекционного процесса [7, 8].

Цель исследований: на основе кластерного анализа провести группировку сортов и новых линий мягкой яровой пшеницы различного происхождения и селекционных линий по показателям структурного анализа и качества зерна для использования в селекционном процессе.

Материалы и методика исследований

Объектами исследований являлись высокопродуктивные отечественные и зарубежные сорта мягкой яровой пшеницы, рекомендованные для выращивания в центральных регионах РФ [1], а также новые селекционные линии, созданные в ФНЦ ЗБК.

Экспериментальные посеы были размещены на полях № 1, № 2 севооборота селекционного центра ФНЦ ЗБК. Предшественник – чистый пар. Почвы – тёмно-серые лесные, среднесуглинистые, средне окультуренные. Микрорельеф участка выровненный. По основным физико-химическим показателям данные почвы являются типичными для данной природно-экономической зоны.

В конкурсном сортоиспытании учетная площадь каждой делянки составляла 7,5 м². Количество рядков на делянке – 11 шт., ширина междурядий – 15 см. Размещение делянок в опыте рендомизированное и парное, повторность 3-5-кратная. Перед посевом внесена

азофоска ($N_{15}P_{15}K_{15}$) в количестве 150 кг/га, Посев проводился селекционной сеялкой СКС-6-10 (порционный и кассетный варианты), Норма высева – 5 млн. всхожих зерен на гектар. Обработка посевов от сорняков в фазу кушения гербицидом Примадонна, СЭ 0,8 л/га, для защиты растений от вредителей – инсектицид Кинфос 0,25 л/га.

Отбор проб для анализа растений по элементам структуры урожая проводилась по мере созревания сортообразцов. Для структурного анализа с каждой делянки отбиралось по 25 растений с корнями. Анализ структуры урожая включает определение продуктивной кустистости (шт.), массы сухого растения (г); числа зерен с главного колоса и с подгонов (шт.); массы зерна с главного колоса и подгонов (г); числа зерен с растений (шт.); массы зерен с растения (г); массы 1000 зерен (г).

Особенности погодных условий. В 2021 г, среднемесячная температура апреля и мая была ниже среднемноголетней на 0,7°C и 0,4°C. Количество осадков в мае было в 1,5 раза больше обычного, что способствовало благоприятному развитию пшеницы (ГТК=1,32). Вместе с тем, июнь был очень засушливым (ГТК=0,49), а июль засушливым (ГТК=0,74). Это обусловило ускоренное развитие растений после фазы колошения и короткий период налива зерна. В целом можно отметить, что погодные условия вегетационного периода были засушливыми (ГТК=0,83), а повышенные температуры в июне-июле существенно отразилась на формировании урожая отдельных сортообразцов. Уборка яровой пшеницы проведена 17-18 августа в фазу полного созревания селекционным малогабаритным комбайном SAMPO-130.

В 2022 г, среднемесячная температура мая была ниже среднемноголетней на 2,8°C. Количество осадков в апреле было рекордным в 4 раза больше обычного, что привело к позднему посеву яровых зерновых культур – 11 мая. Вместе с тем, июнь был засушливым (ГТК=0,92) и июль слабо засушливым (ГТК=1,07), август очень засушливым (ГТК=0,48). Наблюдалось интенсивное развитие растений после фазы колошения и относительно короткий период налива зерна у яровой пшеницы. В целом, можно отметить, что погодные условия вегетационного периода были слабо засушливыми (ГТК=1,00), а повышенные температуры в августе существенно отразилась на формировании урожая отдельных сортообразцов. Уборка яровой пшеницы в 2022 г. была проведена 24-25 августа в фазу полного созревания селекционным малогабаритным комбайном SAMPO-130.

Результаты и их обсуждение

Результаты структурного анализа растений в сортоиспытании за 2021 г, позволили выявить существенные различия между сортообразцами по отдельным признакам и показателям главного колоса. Высота растений колебалась от 68 см у сортов Гранни, Гранова до 82 см у сорта Л-57. Лучшими фенотипами по длине и числу зерен с колоса является линия Ф-10-3410. Можно выделить ряд новых линий с хорошо озерненным колосом более 50 шт./колос. По массе 1000 зерен лучшим являются сорта Корнетто, Арабелла и Памяти Коновалова. Наиболее устойчивы к полеганию были короткостебельные сорта (табл. 1).

По результаты структурного анализа фенотипов в сортоиспытании в 2022 году были выявлены различия между сортообразцами по отдельным признакам и продуктивности колоса. Высота растений колебалась от 58 см у сорта Ясмунд до 91 см у линии Л-57. Наиболее устойчивы к полеганию были короткостебельные сорта Ясмунд, Одета, линия ГрПК эритро. Наиболее высокий показатель продуктивной кустистости, который связан с массой зерна с растения и сухой массой растений, отмечен у сортов: Одета, Ликамеро, Ясмунд и селекционных линий Д22 лют, А8А10Ж4 фер. Лучшими фенотипами по длине колоса, массе колоса, числу зерен с колоса и массе зерна с главного колоса (МЗК) являются селекционные линии: мильтурум Ф7/3410 д17 и лютеценс Д22.

Таблица 1

Элементы структуры урожая сортообразцов яровой мягкой пшеницы, 2021 г.

Сорт	Высота, см	Продуктивная кустистость, шт.	Длина колоса, см	Число зёрен с колоса, шт.	Масса зерна колоса, г	Масса 1000 зёрен, г
Дарья	73,2	1,9	8,6	29,5	1,0	35,2
Гранни	68,1	1,9	10,1	44,8	1,5	33,8
ГрПК №19	68,8	2,3	10,1	46,5	1,5	33,2
Гранова	67,9	2,1	10,2	44,1	1,6	35,7
Корнетто	70,1	1,8	8,8	40,1	1,6	40,1
Лицамеро	71,9	2,3	9,7	37,2	1,4	37,7
Арабелла	70,9	1,9	7,7	34,0	1,3	39,5
Лиза	77,0	1,8	9,1	46,4	1,5	32,6
Бомбона	74,0	2,5	9,8	39,4	1,1	29,2
Ласка	72,0	2,4	9,9	43,3	1,1	26,5
Мандарина	73,1	2,4	9,1	45,3	1,5	33,3
Памяти Коновалова	68,5	2,6	9,5	35,5	1,3	37,4
Гранни х Л-57	71,0	2,6	11,6	50,3	1,2	23,0
Ф-7-3410	68,4	2,6	11,7	50,7	1,2	22,7
Ф-10-3410	70,0	2,4	12,1	52,7	1,3	25,0
7УФ 3507-1	73,4	2,6	10,2	54,8	1,3	23,1
7УФ 3507-2	70,3	2,1	10,4	48,9	1,2	25,8
Л-57	82,2	1,9	11,0	43,5	1,4	31,9
Среднее по опыту	71,7	2,2	9,9	43,7	1,3	31,4
НСР ₀₅	3,6	0,3	1,1	6,8	0,2	5,9

Можно выделить сорта Гранова, Корнетто, Одета с высокой продуктивностью главного колоса более 1,7 г. Высокой массой 1000 зерен (МТЗ более 45 г) характеризовались сорт Корнетто и линия ГрПК эритро (табл. 2).

Таблица 2

Элементы структуры урожая сортообразцов яровой мягкой пшеницы, 2022 г.

Сорт	Высота, см	Продуктивная кустистость, шт.	Длина колоса, см	Число зёрен с колоса, шт.	Масса зерна колоса, г	Масса 1000 зёрен, г
Дарья, ст,	81,1	1,3	5,9	29,9	1,21	40,8
Одета	63,6	2,5	6,4	32,4	1,44	44,6
Лицамеро	71,1	2,0	6,9	38,9	1,72	44,4
Арабелла	67,5	1,7	6,2	36,6	1,38	37,8
Лиза	65,4	1,3	6,5	35,0	1,40	40,1
Бомбона	77,0	1,9	7,2	31,7	1,24	38,6
Ласка	71,0	1,6	5,9	31,1	1,27	40,3
Мандарина	72,5	2,2	6,8	44,7	1,48	33,3
ГрЛ57 мил	69,2	1,4	8,3	41,7	1,55	37,2
Ф7/3410 д15 мил	73,2	1,8	8,8	43,7	1,61	36,7
Ф10/3410 д16 мил	71,7	1,4	8,7	44,7	1,66	36,8

<i>Продолжение табл. 2</i>						
Е2 + Е7 мил	70,7	1,8	9,3	44,2	1,50	33,7
Ф7/3410 д17мил	77,4	1,3	9,6	48,0	1,79	37,5
Л 57	91,5	1,3	9,0	39,3	1,51	38,1
Ясмунд	58,0	2,3	6,3	39,6	1,65	41,6
Д22 люот	70,6	2,3	10,1	51,2	1,87	36,5
А10А8Ж4 фер	79,6	2,7	7,6	33,6	1,45	43,4
ГрПК №19	60,1	1,4	5,7	22,4	1,01	45,4
7 УФ/3507 эритро	67,5	1,7	6,4	36,4	1,23	34,2
7 УФ/3507 урал	69,6	1,2	7,3	40,7	1,41	34,4
Памяти Коновалова	72,2	2,6	7,4	35,3	1,57	44,6
Гранова	70,3	1,6	8,4	40,5	1,81	44,6
Гранни	66,9	1,9	8,4	35,4	1,57	44,3
Корнетто	65,1	1,6	7,9	37,9	1,78	47,1
Среднее по опыту	71,0	1,8	7,5	37,7	1,5	39,6
НСР ₀₅	6,8	0,4	1,2	6,4	0,2	4,1

В результате исследований установлено, что все сортообразцы мягкой пшеницы по качеству зерна в 2021-2022 гг. отвечают требованиям для производства муки и крупы. По содержанию белка в зерне и сырой клейковины наиболее высокие значения в 2021 г. отмечены у сортообразца Л-57, существенно превысили стандарт Дарья по содержанию сырой клейковины новые линии: Гранни х Л-57, Ф-7/3410. Наиболее высокие значения по содержанию крахмала (более 65%) характерны для сортов зарубежной селекции: Мандарина, Ликамеро, Арабелла (табл. 3).

Таблица 3

Качество зерна образцов яровой мягкой пшеницы, 2021 г.

Сорт	Белок, %	Сырая клейковина, %	Крахмал, %
Дарья	14,7	25,5	62,8
Гранни	14,0	23,8	63,9
ГрПК №19	14,2	24,8	64,3
Гранова	13,9	23,7	64,4
Корнетто	14,2	25,6	65,0
Ликамеро	14,5	26,5	65,4
Арабелла	14,6	26,8	65,2
Лиза	15,7	28,5	62,4
Бомбона	15,5	28,9	63,2
Ласка	14,7	25,8	63,7
Мандарина	13,1	22,3	66,0
Памяти Коновалова	15,3	24,1	60,4
Грани х Л-57	16,9	29,1	58,3
Ф-7/3410	16,5	29,2	60,1
Ф-10/3410	16,1	28,5	60,1
7УФ/3507	17,3	27,1	57,6
Л-57	18,7	35,4	60,1
среднее	15,3	26,8	62,5
НСР ₀₅	1,4	3,1	2,6

В 2022 г. наибольший выход зерна отмечен у сортов Дарья, Лиза. По содержанию белка в зерне и сырой клейковины наиболее высокие значения также, как и в 2021 г., отмечены у сортообразца Л-57, являющегося источником повышенного содержания белка и клейковины. Новые селекционные линии 7 УФ/3507 также существенно превысили стандарт Дарья по содержанию протеина. Высокое содержание сырой клейковины и протеина характерно для новой линии ферругинеум А10А8Ж4. Наиболее высокие значения по содержанию крахмала (более 65%) также были характерны для сортов зарубежной селекции: Мандарина, Ласка, Одета, Арабелла (табл.4).

Таблица 4

Качество зерна образцов яровой мягкой пшеницы, 2022 г.

Сорт, линия	Выход зерна, %	Белок, %	Сырая клейковина, %	Крахмал, %
Дарья	52,9	14,2	25,4	64,0
Одета	44,5	14,4	26,4	65,1
Ликамеро	47,1	14,2	25,6	65,0
Арабелла	50,7	14,2	25,7	65,1
Лиза	54,5	15,3	28,2	64,3
Бомбона	43,9	14,7	27,6	64,5
Ласка	52,7	13,8	24,4	65,4
Мандарина	44,8	13,4	23,3	65,8
ГрЛ57 д14-4 мил	47,6	15,0	26,9	61,5
ГрЛ57 д14-5 мил	41,4	15,0	26,9	61,5
Ф7/3410 д15 мил	44,7	14,9	26,7	61,4
Ф10/3410 д16	49,8	15,0	26,8	62,0
Е2 + Е7 мил	43,8	14,9	25,5	60,8
Ф7/3410 д17 мил	47,8	14,7	26,2	62,7
Л 57	43,7	17,0	31,4	61,1
Ясмунд	48,3	15,6	27,1	61,1
Д22 д18-2 лют	42,2	14,7	25,3	61,3
А10А8Ж4 ферр	35,1	15,9	28,9	61,9
ГрПК №19	48,2	15,2	26,8	62,6
7 УФ/3507 эритро	38,8	16,2	22,4	57,7
7 УФ/3507 урал	48,2	16,3	22,5	58,4
Памяти Коновалова	42,3	15,8	22,8	58,6
Гранова	50,6	14,6	25,7	63,5
Гранни	48,5	14,7	26,2	63,5
Корнетто	49,6	14,2	25,8	64,4
среднее	46,5	15,0	26,0	62,5
НСР ₀₅	4,6	0,8	2,0	2,2

Кластерный анализ сортов и селекционных линий яровой мягкой пшеницы в 2021 году по показателям структурного анализа и качества зерна позволил сформировать 8 кластеров. Заслуживает внимания кластер №2, в котором сгруппированы высокоурожайные сорта Корнетто, Арабелла, рекомендованные для выращивания в Центрально-Чернозёмном регионе. Кластер №5 представлен однотипными сортами, созданными на основе пластичного сорта Гранни, хорошо зарекомендовавшим себя в производстве. В кластер №6 вошли высокотехнологичные сортообразцы: новый сорт Памяти Коновалова и сорт Ликамеро, Кластеры №7, №8, включают новые линии яровой мягкой пшеницы с высоким содержанием протеина и сырой клейковины в зерне (рис. 1, таблицы 5, 6).

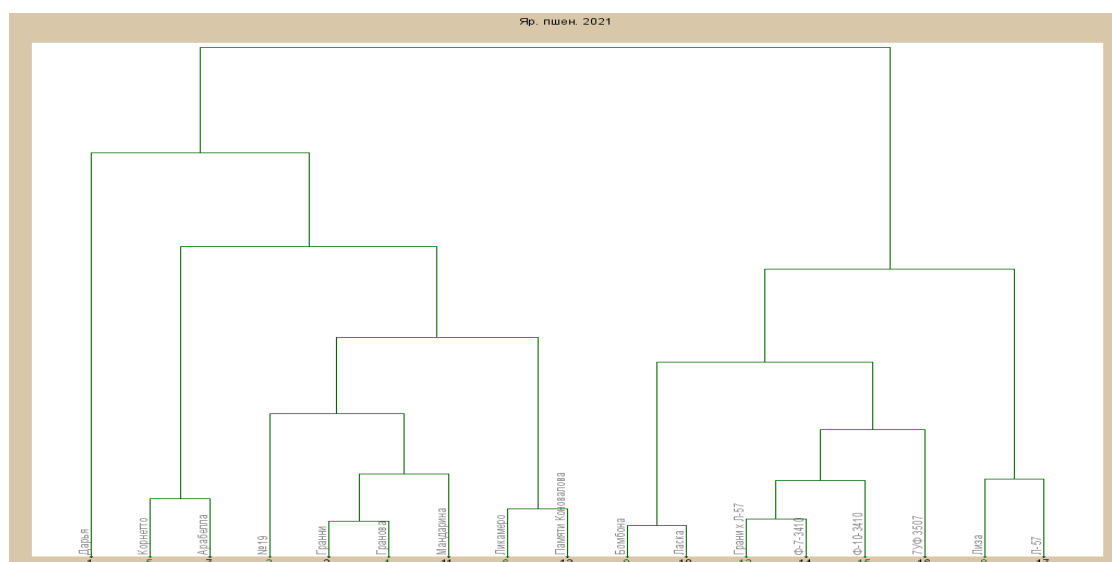


Рис. 1. Дендрограмма кластерного анализа элементов структуры урожая и качества зерна сортов и линий яровой мягкой пшеницы, 2021 г.

Таблица 5

Сформированные кластеры, 2021 г.

1	Дарья
2	Корнетто, Арабелла
3	Лиза
4	Бомбона, Ласка
5	Гранни, ГрПК №19, Гранова, Мандарина
6	Лицамеро, Памяти Коновалова
7	Гранни x Л-57, Ф7-3410-1, Ф10-3410-2, 7УФ 3507
8	Л-57

Таблица 6

Характеристика сформированных кластеров, 2021 г.

№ клас-тера	Урожай-ность, т/га	Высота, см	Кусти-стость, шт.	Длина колоса, см	ЧЗК, шт.	МЗК, г	М1000, г	Белок, %	Крахмал, %
1	3,13	73,2	1,90	8,60	30,00	1,02	35,20	14,70	62,80
2	4,26	70,5	1,85	8,25	37,00	1,48	39,80	14,40	65,10
3	2,47	77,0	1,80	9,10	46,00	1,49	32,60	15,70	62,40
4	2,54	73,0	2,45	9,85	41,00	1,15	27,85	15,10	63,45
5	3,56	69,4	2,17	9,88	45,25	1,54	34,00	13,80	64,65
6	3,75	70,2	2,45	9,60	36,00	1,36	37,55	14,90	62,90
7	2,87	70,3	2,50	11,42	51,50	1,23	23,80	16,70	59,03
8	3,12	82,2	1,90	11,00	44,00	1,37	31,90	18,70	60,10

Примечание: ЧЗК – число зерен с колоса, МЗК – масса зерна с колоса, М1000 – масса 1000 зерен.

Таким образом, в качестве источников хозяйственно-полезных признаков можно выделить сортообразцы: повышенной озерненности колоса (более 50 шт.): Л-57 и новые линии. По показателям качества зерна выделены источники с повышенным содержанием белка: линия Л-57 и 7УФ 3507. Впервые создан методом индивидуального отбора высокопродуктивных, короткостебельных растений новый сорт яровой мягкой пшеницы Памяти Коновалова с фиолетовым цветом зерна из гибридной популяции: (Лаваль 19 x Гранни) x Гранни.

В 2022 г. кластерный анализ сортов и селекционных линий яровой мягкой пшеницы по

показателям структурного анализа и качества зерна с учетом селекционных индексов позволил сформировать также 8 кластеров. Высокоурожайные сорта Дарья и Одетта представлены в кластерах № 1 и № 2. Они представляют перспективный исходный материал для включения в гибридизацию. В кластере № 3 сгруппированы сорта разновидности лютеценс и новая селекционная линия разновидности мильтурум. Новая селекционная линия Д22 с высокой продуктивностью колоса выделена в отдельный кластер № 4, представляющий интерес для создания сортов нового фенотипа. Кластер № 5 представлен короткостебельной остистой линией разновидности эритроспермум с более высокой урожайностью, чем у сортов данного фенотипа, сгруппированных в кластере № 8. В кластеры № 5, № 6 вошли новые оригинальные линии с высоким содержанием протеина в зерне, в том числе, с фиолетовой окраской зерна (сорт Памяти Коновалова и линия 7УФ 3507 урал) (рис. 2, таблицы 7, 8).

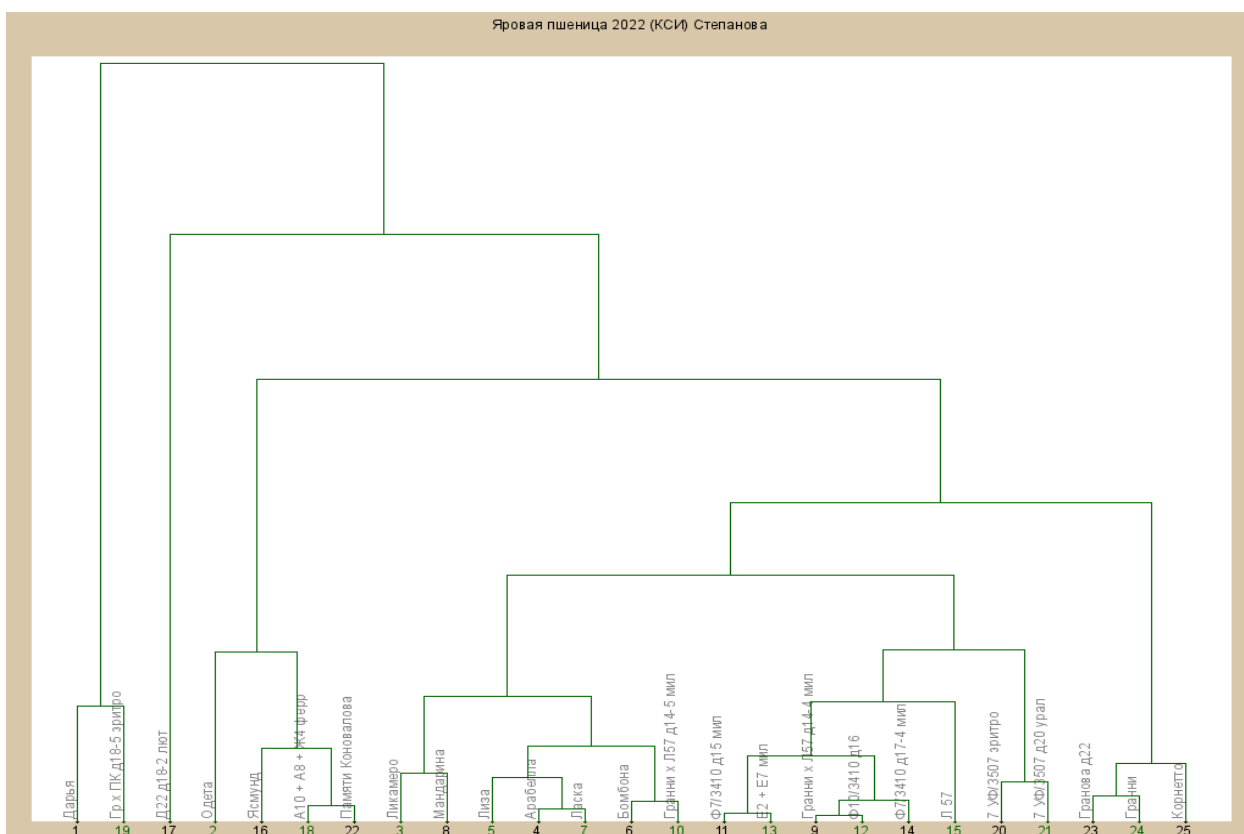


Рис. 2. Дендрограмма кластерного анализа элементов структуры урожая и качества зерна сортов и линий яровой мягкой пшеницы, 2022 г.

Таблица 7

Сформированные кластеры, 2022 г.

№ п,п,	Варианты вошедшие в кластер	N	Min	Среднее	Max	SS
1	Дарья					
2	Одетта					
3	Ликамеро, Арабелла, Лиза, Бомбона, Ласка, Мандарина Гранни x Л57-5 мил	7,00	0,04	0,15	0,41	0,008
4	Д22 д18-2 лют					
5	Гр x ПК д18-5 эритро					
6	Грани x Л57-4 мил, Ф7-3410-16 мил, Ф7-3410-17 мил, Ф10-3410, Е2+Е7 мил, Л 57, 7УФ 3507 эритро, 7УФ 3507 урал	8,00	0,02	0,17	0,54	0,012
7	Ясмунд, А10 + А8 + Ж4 ферр, Памяти Коновалова	3,00	0,04	0,18	0,35	0,016
8	Гранова, Гранни, Корнетто	3,00	0,08	0,09	0,10	0,000

Характеристика сформированных кластеров, 2022 г.

№ кластера	Урожайность, т/га	Высота, см	Кустистость, шт.	Длина колоса, см	ЧЗК, шт.	МЗК, г	М1000, г	Белок, %	Крахмал, %
1	6,95	81,1	1,10	5,9	29,9	1,21	40,8	14,2	64,0
2	7,36	63,6	2,50	6,3	32,4	1,44	44,6	14,4	65,1
3	6,27	70,5	1,78	6,9	36,3	1,40	38,8	14,3	64,5
4	4,96	70,6	2,30	10,1	51,2	1,86	36,5	14,7	61,3
5	4,81	60,1	1,40	5,7	22,4	1,01	45,4	15,2	62,6
6	4,79	73,8	1,48	8,4	42,3	1,53	36,1	15,5	60,7
7	4,67	69,9	2,53	7,1	36,2	1,55	43,2	15,8	60,5
8	4,32	67,4	1,70	8,2	37,9	1,71	45,3	14,5	63,8

Заключение

Кластерный анализ позволил сгруппировать наиболее сходные и близкие сорта. Сорта Дарья (2021 и 2022 гг.), Одетта (2022 г.) и селекционная линия Л-57 (2021 г.) образуют отдельные кластеры. Отмечено сходство между сортами Гранова, Грани, Корнетто. Кластерный анализ сортов мягкой яровой пшеницы показал, что направления селекции на высокую продуктивность колоса и качество зерна являются перспективными. В 2022 г. выявлена селекционная линия Д22 с массой зерна с колоса 1,86 г, образующая отдельный кластер. Сформированы селекционные кластеры №7 в 2021 г. и №№ 6, 7 в 2022 г. с содержанием белка в зерне 15,5-16,7%. При помощи кластерного анализа сортов мягкой яровой пшеницы были выделены новые кластеры, показатели которых превосходят отечественные и зарубежные сорта по хозяйственно-ценным признакам. Это позволит целенаправленно вести отбор селекционного материала с высоким качеством зерна и приспособленного к условиям регионов центральной России.

Литература

1. Степанова Н.А., Сидоренко В.С., Старикова Ж.В., Костромичева В.А. Определение продуктивности яровой мягкой пшеницы на основе селекционных индексов // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – №3 (39). – С. 91-96. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-41-49.
2. Степанова Н. А. Перспективы возделывания яровой пшеницы. Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Особенности селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур в условиях импортозамещения». – Орел, –2022. – С. 131-134. (Электронный ресурс: <https://www.elibrari.ru/item.asp?id=49956479>).
3. Малокозова Е.И. Характеристика генотипов яровой мягкой пшеницы по комплексу хозяйственноценных признаков. Международный научно-исследовательский журнал. 2017; (12-3):123-126. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.66.106>
4. Суслов С.А. Кластерный анализ: сущность, преимущества и недостатки // Вестник «Нижегородский государственный инженерно-экономический институт». НГЭИ. – 2010. – №1. – С. 51–57.
5. Шаманин В.П., Петуховский С.Л., Краснова Ю.С. Кластерный анализ сортов мягкой яровой пшеницы по элементам структуры урожая в южной лесостепи Западной Сибири // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 4 (115). – С. 147-152. – EDN VTFHRP
6. Чекалин Н.М., Тищенко В.Н., Сидоренко В.С. Использование кластерного анализа как метода индивидуального отбора у проса (*Panicum miliaceum* L.) //Вісник Полтавської Державної аграрної академії. – 2009. – № 2. – С. 10-17.
7. Тугарева Ф.В., Сидоренко В.С., Вильюнов С.Д. Использование кластерного анализа при выявлении ценного селекционного материала межвидовых гибридов яровой пшеницы (*Triticum durum* x *Triticum dicocum*). //Сборник: Роль молодых ученых в инновационном развитии сельского хозяйства: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Орел, – 2019. – С. 159-161. (Электронный ресурс: <https://www.elibrari.ru/item.asp?id=41522836>).

8. Sidorenko V.S., Tugareva F.V., Starikova Zh.V. Experimental verification of cluster analysis to identify valuable breeding samples of spring wheat./IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 650 (2021) 012105. doi:10.1088/1755-1315/650/1/012105 (Scopus)
9. Рубец В.С., Ворончихина И.Н., Игонин В.Н., Сидоренко В.С., Ворончихин В.В. Характеристика фиолетовозерных сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Центрального района Нечерноземной зоны России. /Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022, том 65, – № 5 (389). – С. 525-529. DOI: 10.55186/25876740-2022-65-5-525

References

1. Stepanova N.A., Sidorenko V.S., Starikova Zh.V., Kostromicheva V.A. Opredelenie produktivnosti yarovoi myagkoi pshenitsy na osnove selektsionnykh indeksov [Determination of the productivity of spring soft wheat based on breeding indices]; *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2021, no.3 (39), pp. 91-96 (In Russian)
2. Stepanova N. A. Perspektivy vozdeleyvaniya yarovoi pshenitsy. Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov «Osobennosti selektsii i semenovodstva sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v usloviyakh importozameshcheniya». [Prospects for the cultivation of spring wheat. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists "Peculiarities of breeding and seed production of agricultural crops in the context of import substitution."]. Orel, 2022, pp. 131-134. (Electronic resource: <https://www.elibrari.ru/item.asp?id=49956479>). (In Russian)
3. Malokostova E.I. Kharakteristika genotipov yarovoi myagkoi pshenitsy po kompleksu khozyaistvennotsennykh priznakov [Characteristics of genotypes of spring soft wheat according to a complex of economically valuable traits]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skiizhurnal*. 2017, (12-3), pp.123-126. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.66.106> (In Russian)
4. Suslov S.A. Klasternyi analiz: sushchnost'. preimushchestva i nedostatki [Cluster analysis: essence. Advantages and disadvantages]. *Vestnik NGEI*, 2010, no.1, pp. 51-57. (In Russian)
5. Shamanin V.P., Petukhovskii S.L., Krasnova Yu.S. Klasternyi analiz sortov myagkoi yarovoi pshenitsy po elementam struktury urozhaya v yuzhnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri [Cluster Analysis of Soft Spring Wheat Varieties by Yield Structure Elements in the Southern Forest-Steppe of Western Siberia], *Vestnik KrasGAU*, 2016, no. 4(115), pp. 147-152, EDN VTFHRP (In Russian)
6. Chekalin N.M., Tishchenko V.N., Sidorenko V.S. Ispol'zovanie klasternogo analiza kak metoda individual'nogo otbora u prosa (*Panicum miliaceum* L.) [The use of cluster analysis as a method of individual selection in millet (*Panicum miliaceum* L.)], *Visnik Poltav'skoi Derzhavnoi agrarnoi akademii*, 2009, no. 2, pp. 10-17. (In Russian)
7. Tugareva F.V., Sidorenko V.S., Vilyunov S.D. Ispol'zovanie klasternogo analiza pri vyyavlenii tsennogo selektsionnogo materiala mezhdvidovykh gibridov yarovoi pshenitsy (*Triticum durum* kh *Triticum dicoccum*) [The use of cluster analysis in identifying valuable breeding material of interspecific hybrids of spring wheat (*Triticum durum* x *Triticum dicoccum*)]. V sbornike: Rol' molodykh uchenykh v innovatsionnom razvitii sel'skogo khozyaistva: materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov (Orel. 11-14 noyabrya 2019 g.) [In the collection: The role of young scientists in the innovative development of agriculture: materials of the international scientific and practical conference of young scientists and specialists (Orel. November 11-14, 2019)], Orel: FGBNU FNTs ZBK, 2019, pp. 159-161, (Electronic resource: <https://www.elibrari.ru/item.asp?id=41522836>). (In Russian)
8. Sidorenko V.S., Tugareva F.V., Starikova Zh.V. Experimental verification of cluster analysis to identify valuable breeding samples of spring wheat./IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 650 (2021) 012105. doi:10.1088/1755-1315/650/1/012105(Scopus)
9. Rubets V.S., Voronchikhina I.N., Igonin V.N., Sidorenko V.S., Voronchikhin V.V. Kharakteristika fioletovozernykh sortov yarovoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh Tsentral'nogo raiona Nечерноземной зоны России [Characteristics of violet-grain varieties of spring soft wheat in the conditions of the Central region of the Non-Chernozem zone of Russia]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*, 2022, v. 65, no. 5 (389), pp. 525-529. (In Russian) DOI: 10.55186/25876740-2022-65-5-525