

УДК 633.11«324»:631.95

06.01.05 – Селекция и семеноводство
(сельскохозяйственные науки)

**КЛАСТЕРИЗАЦИИ КОЛЛЕКЦИОННЫХ
СОРТООБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПО
ЭЛЕМЕНТАМ ПРОДУКТИВНОСТИ КОЛОСА**

Плешаков Александр Александрович
Научный сотрудник, SPIN-код: 6511-6579
as0701@mail.ru
ФГБНУ *Первомайская селекционно-опытная
станция сахарной свёклы, Россия, Гулькевичи
352193, Тимирязева 2а*

Цаценко Людмила Владимировна
д-р. биол. наук, профессор, кафедра генетики,
селекции и семеноводства
SPIN-код: 2120-6510, AuthorID: 94468
<https://orcid.org/0000-0003-1022-1942>
Scopus Author ID: 55952841000
lvt-lemna@yandex.ru

Савиченко Дмитрий Леонидович
аспирант, кафедра генетики, селекции и
семеноводства, SPIN-код: 5269-6699
d_savichenko@mail.ru
*Кубанский государственный аграрный университет
имени И. Т. Трубилина, Россия, Краснодар 350044,
Калинина 13*

В статье представлены и рассмотрены результаты исследования элементов продуктивности главного колоса коллекционных образцов озимой мягкой пшеницы, предположительно обладающих признаком «многоцветковость», с применением кластерного анализа. Проведено сравнение многоцветковых сортообразцов пшеницы с сортами краснодарской селекции, в результате которого выявлены сортообразцы с повышенным количеством зерен с колоса и с колоска. При помощи кластерного анализа сгруппированы образцы в четыре различных кластера и определен кластер с наибольшими результатами, по показателям характеризующим индивидуальную продуктивность колоса

Ключевые слова: МЯГКАЯ ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА, ГЛАВНЫЙ КОЛОС, ПРИЗНАК «МНОГОЦВЕТКОВОСТЬ», КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ, ПРОДУКТИВНОСТЬ КОЛОСА

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-168-014>

UDC 633.11«324»:631.95

06.01.05 – Breeding and seed production (agricultural sciences)

**CLUSTERING OF WINTER WHEAT
COLLECTION VARIETIES BY EAR
PRODUCTIVITY ELEMENTS**

Pleshakov Aleksandr Aleksandrovich
research fellow, RSCI SPIN-code 6511-6579
as0701@mail.ru
*FGBNU “Pervomaiskaya Selection and Experimental
Station of Sugar Beet” , Russia, Gulkevichi 352193
Timirjazeva 2a*

Tsatsenko Luidmila Vladimirovna
Dr.Sci.Biol., professor, Chair of genetic, plant
breeding and seeds
RSCI SPIN-code: 2120-6510, AuthorID: 94468
<https://orcid.org/0000-0003-1022-1942>
Scopus Author ID: 55952841000
lvt-lemna@yandex.ru

Savichenko Dmitiy Leonidovich
postgraduate student, Chair of genetic, plant breeding
and seeds, RSCI SPIN-code 5269-6699
d_savichenko@mail.ru
*Kuban State Agrarian University named after I. T.
Trubilin, Krasnodar 350044, Kalinina 13, Russia*

The article presents and considers the results of the study of the productivity elements of the main ear of the collection samples of winter soft wheat, presumably having the "multiflowered" feature, using cluster analysis. A comparison of multiflowered wheat varieties with varieties of Krasnodar selection was carried out, as a result of which varieties with an increased number of grains from the ear and from the spikelet were identified. Using cluster analysis, the samples were grouped into four different clusters and the cluster with the highest results was determined, according to the indicators characterizing the individual productivity of the ear

Keywords: SOFT WINTER WHEAT, MAIN EAR, MULTIFLOWERED, CLUSTER ANALYSIS, EAR PRODUCTIVITY

Введение

Процесс создания новых сортов озимой мягкой пшеницы состоит в постоянном поиске генотипа пригодного для возделывания в условиях интенсификации производства, а также биотического и абиотического стрессов. Для решения данной задачи, требуется применение новых методов изучения факторов, влияющих на индивидуальную продуктивность колоса. В том числе и применение инновационных приемов в поиске доноров ценных признаков среди слабоизученных сортообразцов мягких пшениц, а также современных возделываемых сортов (Добровольская, 2017; Морозова, 1983; Ниловская, 2008). Основным источником генетического материала растений служат генетические банки, содержащие большую коллекцию семенного материала со всего мира (Савченко, 2017).

При изучении коллекционных образцов пшеницы требуется инструмент, с помощью которого можно выделить контрастно различающиеся группы и провести группировку по сходным параметрам. Для решения данных задач подходящим подходом является применение кластерного анализа выборки объектов на непересекающиеся подмножества, так чтобы каждый кластер состоял из схожих объектов, а объекты разных кластеров существенно отличались. Кластерный анализ помогает построить научно обоснованную классификацию и отразить внутренние связи между образцами (Лебедько, 2020; Шаманин, 2016).

В настоящее время анализ продуктивности растений в селекционном процессе пшеницы проводится в фазе вегетации «полная спелость». Таким образом, оценивается лишь фенотип сортообразца в завершающей фазе онтогенеза. Сообщается об образцах, обладающих повышенным репродуктивным потенциалом, не реализованным из-за неблагоприятных условий. Данное явление изучалось в работах исследователей: Ф. М. Куперман (1980), Н. Т. Ниловской (2008), З. А. Морозова (1983), Л.

В. Цаценко (2015) и С. А. Кошкина (2016). В них освещены вопросы и проблемы реализации репродуктивного потенциала, а также влияния внешних факторов на механизмы онтогенеза озимой мягкой пшеницы.

На урожайность мягкой пшеницы оказывают влияние: количество цветков в соцветии, процесс развития соцветий и фертильность колоса (Лутова и др., 2010; Sreenivasulu, Schnurbusch, 2012). Пшеница обладает многоцветковыми колосками, обычно несущими в себе от 3 до 5 цветков, но в некоторых работах, описаны образцы озимой мягкой пшеницы, имеющие до 5–6 фертильных цветков в колоске (Martinek, 2001). Данное явление было описано характеристикой «многоцветковость» под которой понимается повышенное число фертильных цветков на VI этапе органогенеза. Изучение «многоцветковой» линии Skle 123-09 показало, что при ее участии в скрещиваниях с сортами местной селекции в F_1 происходит увеличение числа зерен с колоса. Рекомендовано использование образцов, обладающих данным признаком, в селекции на продуктивность колоса (Арбузова, 2016).

Цель исследования – оценка сортообразцов озимой мягкой пшеницы коллекции ВИР, обладающих признаком «многоцветковость», по продуктивности главного колоса методом кластерного анализа.

Для реализации цели поставлены задачи:

- провести подсчет элементов продуктивности колоса изучаемых коллекционных образцов;
- провести математическую обработку полученных результатов методом кластерного анализа.

2. Материалы и методы

В опыте изучались 15 сортообразцов озимой мягкой пшеницы обладающих признаком «многоцветковость», полученных из коллекции

«Федерального исследовательского центра «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова». Происхождение сортообразцов охватывало 6 стран: России, Италии, Латвии, Казахстана, Германии, Китая.

Двухфакторный лабораторно-полевой опыт был заложен осенью 2015 г. в трёх повторениях с рандомизированным расположением вариантов на опытном поле учебного хозяйства «Кубань». Территориально опыт расположен в центральной зоне Краснодарского края. В качестве контрольных вариантов взяты районированные сорта озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» – «Васса», «Табор» и «Безостая 1». Стандартом был выбран сорт Васса. Аналитическая часть работы выполнена в «Лаборатории генетики, селекции и контрольно-семенного анализа», на базе ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина». Для проведения анализа потенциальной продуктивности, на этапе стеблевания было отобрано по 15 колосьев на каждом варианте. Для статистической обработки данных применяли методику полевого опыта и программы Microsoft Excel 2013, Statistica 9.0. (Доспехов, 1979; Лебедько, 2020).

3. Результаты исследований

В первый год исследования (2015–2016 г.) большинство образцов погибли вследствие высокой вредоносности грызунов в районе проведения опыта, но 5 образцов не пострадали и данные все же удалось получить. В последующие годы исследования (2016–2019 г.) удалось размножить 11 образцов многоцветковых форм и 3 сорта селекции ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко». Проведен сравнительный анализ показателей семенной продуктивности колоса, высоты растений и длины колоса изучаемых образцов на XII этапе органогенеза (таблица 1).

Таблица 1 – Количественные характеристики изучаемых образцов озимой мягкой пшеницы, средние значения за 2016–2019 гг.

Сортообразцы	Длина колоса, см	Масса колоса, г	Масса зерна с колоса, г	Количество зерен в колосе, шт.	Количество зерновок в колоске, шт.	Высота растений, см	Масса 1000 зерен	
							г	% от контроля
Васса (к)	11,0	3,7	3,0	56,1	2,4	82,7	53,7	-
Boure	12,0	3,1	2,1	63,5	2,6	126,0	35,3	-34,3
Банатка	11,6	2,3	1,5	45,8	2,2	120,0	32,8	-38,9
Сандомирка	10,5	3,3	2,1	56,6	2,6	127,8	38,1	-29,1
Костромка	12,5	2,1	1,3	42,7	2,2	125,1	31,3	-41,8
26675	14,4	3,8	2,4	53,2	2,2	126,1	46,8	-12,9
17	9,3	2,7	2,2	50,8	2,4	75,0	45,1	-16,1
Bergers	9,1	3,2	2,3	63,6	2,7	127,1	39,6	-26,2
Domiano	10,2	3,4	2,7	75,2	3,1	99,7	36,8	-31,5
Fenotipo 1	12,0	3,8	2,8	67,3	3,2	95,4	39,8	-25,9
Lama	9,4	2,9	2,8	51,4	2,5	79,2	42,9	-20,1
Nan jiang	11,4	2,6	2,0	53,9	2,4	76,4	38,8	-27,8
Безостая 1	9,7	3,1	2,4	47,7	2,3	92,5	50,7	-5,6
Табор	9,0	3,1	2,4	57,8	2,6	71,2	44,2	-17,6
среднее	10,7	3,1	2,3	56,3	2,6	97,2	41,6	
НСР ₀₅	1,30	0,32	0,36	7,90	0,31	8,3		

Признак «длина колоса» более изменчив от влияния климатических и погодных условий. За четыре года исследований, показатель «длина колоса», у сортов краснодарской селекции составлял от 9,0 до 11,0 см, а у коллекционных образцов составил от 9,0 до 14,4 см. Существенно превысили контроль, сортообразцы «26675» (14,4 см) и «Костромка» (12,5 см). Наименьшие значения данного показателя отмечено у сорта «Табор» – 9,0 см.

Масса колоса у сортов краснодарской селекции варьировала от 3,0 до 3,7 г, а у коллекционных образцов от 2,1 до 3,8 г. Наибольшие значения показателя «масса колоса» отмечено у сортообразцов «26675» (3,8 г), «Fenotipo 1» (3,8 г) и контрольного сорта «Васса» (3,7 г), существенно превышавших контроль образцов не отмечено. Минимальное значение показателя «масса колоса» отмечено у сортообразца Костромка (2,1 г).

За четыре года исследований, показатель «масса зерна с колоса», варьировал у сортов от 2,4 до 3,0 г, а у коллекционных образцов от 1,3 до 2,8 г. Наибольшее значение данного показателя отмечено у сорта Васса – 3,0 г и образцов Domiano – 2,7 г, Fenotipo 1 – 2,8 г. Остальные образцы существенно уступали контрольному сорту Васса. Минимальное значение показателя из всей выборки показал образец Костромка -1,3 г.

Повышение количества зерен в колосе является сложной задачей из-за обратной корреляции с признаком «масса 1000 зерен». Подбор оптимальных сочетаний данных признаков необходим при создании высокопродуктивных сортов (Цаценко, 2015). Показатель «количество зерен в колосе» варьировал в опыте, у сортов от 47,7 до 56,1 шт., а у коллекционных образцов от 42,7 до 75,2 шт. По наибольшим значениям показателя отмечены образцы: Voure – 63,5 шт., Bergers – 63,6 шт., Domiano 75,2 шт., Fenotipo 1 – 67,3 шт. Сортообразцы Domiano и Fenotipo 1 существенно превышают контроль. Минимальное значение данного показателя отмечено у образца Костромка – 42,7 шт.

Высокая зерновая продуктивность колоса может быть обусловлен либо увеличенным количеством продуктивных колосков в колосе, либо увеличенным количеством зерновок в колоске. Показатель «количеством зерновок в колоске» отражает сколько зерен в среднем сформировалось в колоске. Вариация данного признак составляла от 2,3 до 2,6 шт. у краснодарских сортов и от 2,2 до 3,2 шт. у коллекционных образцов. Наибольшее значение данного показателя отмечено у сортообразцов Bergers – 2,7 шт., Domiano – 3,1 шт., Fenotipo 1 – 3,2 шт., при $НСР_{05} = 0,31$ шт. образцы существенно превышают контроль. Исходя из полученных данных, эти сортообразцы обладают наиболее продуктивными колосками. Минимальное значение показателя из всей выборки отмечено у образцов Банатка и Костромка – 2,2 шт.

Масса 1000 зёрен может варьировать в широких пределах в зависимости как от факторов внешней среды, так и от генотипа сорта. Показатель «масса 1000 зерен» характеризует крупность и выполненность зерна. По результатам исследований по показателю «масса 1000 зерен» выделились сорта Васса – 53,7 г, Безостая 1 – 50,7 г. В процентном отношении все сортообразцы продемонстрировали отрицательно отклонение от контроля, которое составляло от 12,9 до 41,8 %. Наименьшее значение показателя отмечено у образца Костромка – 31,3 г, что в процентном отношении – 41,8% от контроля. Большая часть коллекционных сортообразцов характеризуются по данному признаку не крупными зерновками. Однако сортообразцы «17» и «26675» отличались от контроля в пределах –12,9% и –16,1%, что не превышает отклонение сорта Табор –17,6%.

Высота растений варьировала в опыте от 71,2 до 127,8 см. Наибольшее значение высоты растений отмечено у сортообразцов: Сандомирка (127,8 см), Bergers (127,1 см), «26675» (126,1 см), Voure (126 см). Минимальное значение отмечено у сорта Табор (71,2 см) и сортообразцов Nan jiang (76,4 см) и «17» (75,0 см).

Кластерный анализ – перспективный метод классификационного многофакторного анализа. Основное применение которого – разбиение по определенным признакам множества исследуемых образцов на однородные по своей структуре кластеры (Лебедько, 2020). Основываясь на значениях показателей: «длина колоса», «масса колоса», «масса зерна с колоса», «количество зерен в колосе», «количество зерен в колоске», «количество цветков в колосе», сортообразцы были сведены в группы с помощью кластерного анализа в программе Statistica 9.0.

В качестве меры различия объектов мы применили наиболее распространенную – евклидово расстояние. Провели предварительную

стандартизацию исходных данных так как метрика, чувствительна к изменению единиц измерения осей.

Процесс кластеризации по методу «дальнего соседа» (метод полной связи) характеризуется дендрограммой, приведенной на рисунке 1.

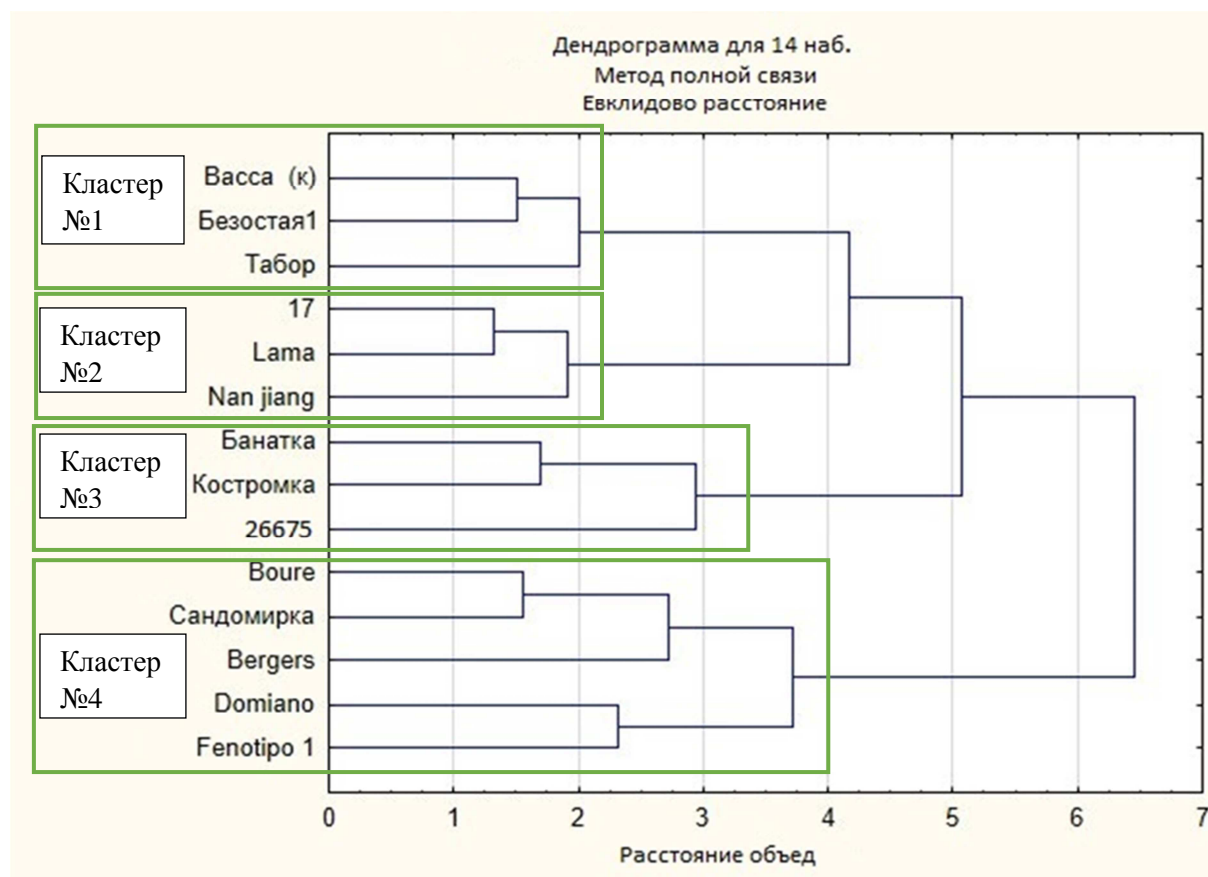


Рисунок 1 – Дендрограмма кластеризации сортообразцов озимой пшеницы по элементам продуктивности колоса 2016-2019 гг.

Метод дальнего соседа (Complete linkage). В алгоритме данного метода расстояние между двумя кластерами определяется как максимальное расстояние между всеми возможными парами элементов из этих кластеров. При реализации этого метода, как правило, формируются относительно компактные кластеры, состоящие из объектов с большим сходством.

После обработки данных кластерным анализом установлено, что в данной выборке выделяются 4 хорошо различимых кластера при

расстоянии объединения равному 4 (рисунок 1). Сорты краснодарской селекции выделились в отдельный кластер (кластер №1), а многоцветковые сортообразцы разделились на 3 кластера. Сортообразцы 17, Lama, Nan jiang – кластер №2. Сортообразцы Банатка, Костромка, 26675 - кластер №3. Сортообразцы Voure, Сандомирка, Bergers, Domiano, Fenotipo 1, - кластер №4. Кластер №4 наиболее отличающийся по выбранным показателям от кластера №1, так как находится по расстоянию объединения более 6 единиц. Мы можем считать что кластеризация есть.

Для визуализации и дачи характеристики полученным кластерам, в программе статистика, нами был построен график средних для каждого кластера (рисунок 2).

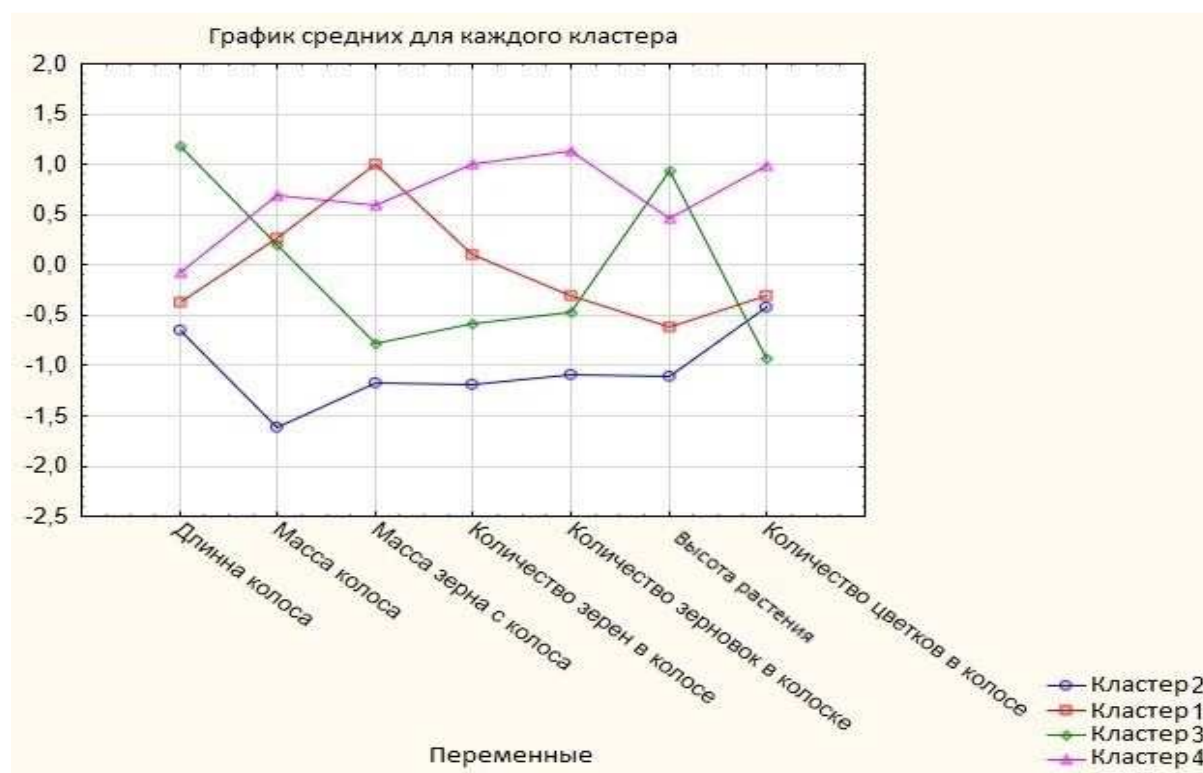


Рисунок 2 – График средних для каждого кластера сортообразцов озимой мягкой пшеницы

Как видно из графика для данной выборки, в кластер №1 вошли сортообразцы короткостебельные, с наибольшей массой зерна с колоса. Во

втором кластере сгруппированы полукарликовые сортообразцы с наименьшими значениями по выбранным признакам, кроме признака «количество цветков в колоске». Сортообразцы кластера №3 высокорослые, длинноколосые, с наименьшим количеством цветков в колосе. В кластер №4 вошли сортообразцы с наибольшими значениями показателей: «масса колоса», «количество зерен в колосе», «количество зерновок в колоске», «количество цветков в колосе».

Изучение элементов продуктивности главного колоса коллекционных образцов пшеницы в условиях центральной зоны Краснодарского края позволило выделить сортообразцы существенно отличающиеся от сорта контроля Васса. Ряд исследователей выделяет показатель «количество зерен в колосе», как один из основных элементов продуктивности растения (Арбузова, 2016; Ma et al., 2007). По данному показателю сортообразцы Domiano и Fenotipo 1 существенно превышают контроль при $НСР_{05} = 7,9$. Оценивая продуктивность колоска по показателю «количество зерен в колоске» выделились сортообразцы Bergers, Domiano, Fenotipo 1, при $НСР_{05} = 0,31$. Наибольшее значение данного показателя отмечено у сортообразца Fenotipo 1 - 3,25 шт., что в процентном выражении больше стандарта на 33%. Данные значения показателей указывают на повышенную семенную продуктивности образцов, которую можно использовать в селекционных программах. У сортообразцов Domiano, Fenotipo 1, показатели длина колоса и высота растения существенно не превышают значения стандарта. Однако следует обратить внимание на показатель «масса 1000 зерен», у сортообразцов Bergers, Domiano, Fenotipo 1, он меньше при сравнении с контролем.

Использование метода кластерного анализа позволило выделить четыре фенотипически различных кластера. Сорта красnodарской селекции выделились в отдельный кластер что косвенно подтверждает

правильно выбранный метод кластеризации. Сортообразцы четвертого кластера имеют наибольшие значения по показателям, характеризующим индивидуальную продуктивность колоса. Данные сортообразцы селекционно ценны и перспективны для включения в программы гибридизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арбузова В. С. и др. Наследование признака «многоцветковость» у мягкой пшеницы и оценка продуктивности колоса гибридов F2 // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2016. – Т. 20. – №. 3. – С. 355-363.
2. Доспехов Б. А. методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М. : Колос – 1979. – 415 с.
3. Добровольская О. Б., Красников А. А., Попова К. И., Мартинек П., Ватанабе Н. Изучение ранних этапов развития колоса со спиральным расположением колосков линий мягкой пшеницы (*T. aestivum* L.) нестандартного морфотипа SCR // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21. № 2. С. 222–226.
4. Куперман Ф. М. Методические рекомендации по определению потенциальной и реальной продуктивности пшеницы / Ф. М. Куперман, В. Мурашев, И. Щербина. М. : ВАСХНИЛ, 1980. – 40 с
5. Лебедько Е. Я., Хохлов А. М., Барановский Д. И., Гетманец О. М. Биометрия в MS Excel: Учебное пособие 2-е изд. стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2020. – 172 с.
6. Лутова Л. А., Ежова Т. Е., Додуева И. Е., Осипова М. А. Генетика развития растений / Под ред. С. Г. Инге-Вечтомова. 2-е изд. перераб. и доп. СПб.: ООО «Изд-во Н.-Л», 2010. – 432 с.
7. Морозова З. А. Морфогенетический анализ в селекции пшеницы. М.: Издательство МГУ, 1983. 213 с.
8. Морозова З.А. Род *Triticum* L. Морфогенез видов пшеницы / З.А. Морозова, В.В. Мурашев. – М.: Триада, 2009. – 232 с.
9. Ниловская Н. Т. Формирование и реализация продуктивности озимой пшеницы в зависимости от азотного питания и погодных условий / Н. Т. Ниловская // Проблемы агрономии и экологии. – 2008 – №4 – С. 3–6.
10. Савченко И. В. Генетические ресурсы – основа инновационного развития растениеводства // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – № 1 (56). – С. 4–9
11. Цаценко Л.В., Кошкин С.А. Индекс потенциальной продуктивности и показатель «озерненность 2-х верхних колосков главного колоса», в качестве критериев потенциальной реализации генотипа растений озимой мягкой пшеницы / Л. В. Цаценко, С. А. Кошкин // Труды Кубанского государственного университета, – 2015. – №2 (53). – С. 134–140.
12. Цаценко Л.В. Изучение репродуктивного потенциала растений мягкой пшеницы сорта Безостая 1 имеющих дополнительные колоски на уступе колосового стержня / Л.В. Цаценко, С.С. Кошкин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №06(120). С. 664 – 674. – IDA [article ID]: 1201606046. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/46.pdf>, 0,688 у.п.л.

13. 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 Красноярского ГАУ. – 2016. – № 4. – С. 147–152.

14. Ma Z. et al. Molecular genetic analysis of five spike-related traits in wheat using RIL and immortalized F 2 populations //Molecular Genetics and Genomics. – 2007. – Т. 277. – №. 1. – С. 31–42.

15. Martinek P., Bednar J. Changes of spike morphology (multirowspike-MRS, long glumes-LG) in wheat (*Triticum aestivum* L.) and their importance for breeding //The proceedings of international conference “genetic collections, isogenic and alloplasmic lines”, Novosibirsk, Russia. – 2001. – С. 192–194.

16. Sreenivasulu N., Schnurbusch T. A genetic playground for enhancing grain number in cereals //Trends in plant science. – 2012. – Т. 17. – №. 2. – С. 91–101.

References

1. Arbuzova V. S. i dr. Nasledovanie priznaka «mnogoczvetkovost`» u myagkoj pshenicy i ocenka produktivnosti kolosa gibridov F2 //Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. – 2016. – Т. 20. – №. 3. – С. 355-363.

2. Dospexov B. A. metodika polevogo opy`ta / B. A. Dospexov. – M. : Kolos – 1979.–415 s.

3. Dobrovol`skaya O. B., Krasnikov A. A., Popova K. I., Martinek P., Vatanabe N. Izuchenie rannix e`tapov razvitiya kolosa so spiral`ny`m raspolozheniem koloskov linij myagkoj pshenicy (*T. aestivum* L.) nestandartnogo morfotipa SCR // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2017. Т. 21. № 2. С. 222–226.

4. Kuperman F. M. Metodicheskie rekomendacii po opredeleniyu potencial`noj i real`noj produktivnosti pshenicy / F. M. Kuperman, V. Murashyov, I. Shherbina. M. : VASXNIL, 1980. – 40 s

5. Lebed`ko E. Ya., Xoxlov A. M., Baranovskij D. I., Getmanecz O. M. Biometriya v MS Excel: Uchebnoe posobie 2-e izd.ster. – SPb.: Izdatel`stvo «Lan`», 2020. – 172 s.

6. Lutova L. A., Ezhova T. E., Dodueva I. E., Osipova M. A. Genetika razvitiya rastenij / Pod red. S. G. Inge-Vechtomova. 2-e izd. pererab. i dop. SPb.: OOO«Izd-vo N.–L», 2010. – 432 s.

7. Morozova Z. A. Morfogeneticheskij analiz v selekcii pshenicy. M.: Izdatel`stvo MGU, 1983. 213 c.

8. Morozova Z.A. Rod *Triticum* L. Morfogenez vidov pshenicy / Z.A. Morozova, V.V. Murashev. – M.: Triada, 2009. – 232 s.

9. Nilovskaya N. T. Formirovanie i realizaciya produktivnosti ozimoy pshenicy v zavisimosti ot azotnogo pitaniya i pogodny`x uslovij / N. T. Nilovskaya // Problemy` agronomii i e`kologii. – 2008 – №4 – С. 3–6.

10. Savchenko I. V. Geneticheskie resursy` – osnova innovacionnogo razvitiya rastenievodstva // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – 2017. – № 1 (56). – С. 4–9

11. Czacenko L.V., Koshkin S.A. Indeks potencial`noj produktivnosti i pokazatel` «ozernennost` 2-x verxnix koloskov glavnogo kolosa», v kachestve kriteriev potencial`noj realizacii genotipa rastenij ozimoy myagkoj pshenicy / L. V. Czacenko, S. A. Koshkin // Trudy` Kubanskogo gosudarstvennogo universiteta, – 2015. – №2 (53).– С. 134–140.

12. Czacenko L.V. Izuchenie reproduktivnogo potenciala rastenij myagkoj pshenicy sorta Bezostaya 1 imeyushhix dopolnitel`ny`e koloski na ustupe kolosovogo sterzhnya / L.V. Czacenko, S.S. Koshkin // Politematicheskij setevoj e`lektronny`j nauchny`j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchny`j zhurnal KubGAU) [E`lektronny`j resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №06(120). С. 664 – 674. – IDA

[article ID]: 1201606046. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/46.pdf>, 0,688 u.p.l.

13. Shamanin V.P., Petuxovskij S.L., Krasnova Yu.S. Klasterny`j analiz sortov myagkoj yarovoj pshenicy po e`lementam struktury` urozhaya v yuzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri // Vestnik Krasnoyarskogo GAU. – 2016. – № 4. – S. 147–152.

14. Ma Z. et al. Molecular genetic analysis of five spike-related traits in wheat using RIL and immortalized F 2 populations //Molecular Genetics and Genomics. – 2007. – T. 277. – №. 1. – S. 31–42.

15. Martinek P., Bednar J. Changes of spike morphology (multirowspike-MRS, long glumes-LG) in wheat (*Triticum aestivum* L.) and their importance for breeding //The proceedings of international conference “genetic collections, isogenic and alloplasmic lines”, Novosibirsk, Russia. – 2001. – S. 192–194.

16. Sreenivasulu N., Schnurbusch T. A genetic playground for enhancing grain number in cereals //Trends in plant science. – 2012. – T. 17. – №. 2. – S. 91–101.