DOI 10.28983/asj.y2021i7pp9-15 УДК 519.237.8:631.527:633.15

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МНОГОМЕРНОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ МОДЕЛЬНОЙ ПОПУЛЯЦИИ КУКУРУЗЫ

ГУДОВА Людмила Александровна, *ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока»*

ЗАЙЦЕВ Сергей Александрович, *ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы»*

ЖУЖУКИН Валерий Иванович, *Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова*

КУРАСОВА Людмила Геннадиевна, *Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова*

ЛЕКАРЕВ Андрей Владимирович, *ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока»*

С целью объективной оценки степени сходства сортов и гибридов по комплексу показателей и интерпретации большого объема данных в селекционной практике используют методы многомерной статистики, в том числе факторный и кластерный анализы. В изучении находилось 42 гибрида кукурузы (ФАО 100-499) селекции разных научных учреждений России, которые оценивали по признакам: длина межфазного периода всходы–цветение метелок и початков, высота растений, высота прикрепления початка, урожайность зерна, число зерен с початка, содержание сырого протеина и сырого жира. Факторный анализ позволил рассчитать корреляционные коэффициенты между рассматриваемыми переменными и выявить высокие положительные корреляционные связи между межфазными периодами всходы–цветение метелок и всходы–цветения початков (r = 0,99), высотой растений и высотой прикрепления початка (r = 0,81), длиной межфазных периодов и высотой заложения початка (r = 0,77). Значимый коэффициент корреляции определен между признаками длина межфазных периодов всходы–цветение метелок и початков с урожайностью зерна (r = 0,34 и 0,36 соответственно), урожайность зерна и число зерен на початке (r = 0,37). При расчете весов переменных на компоненты установлено, что наибольший вклад (дисперсия 54,814 %) в первый гипотетический фактор внесли следующие признаки: межфазные периоды всходы–цветение метелки и всходы–цветение початка, высота растений, высота прикрепления початка, урожайность зерна, масса 1000 зерен. Использование кластерного анализа позволило сгруппировать изучаемые гибриды на 32-м шаге итерации (евклидово расстояние – 7,340) в 10 кластеров, имеющих разную селекционную ценность. Для гибридов, составляющие кластеры, характерен схожий набор признаков внутри кластеров и достоверные различия между кластерами, подтвержденные методом неорганизованных повторений однофакторного дисперсионного анализа.

Введение. Для получения высокой урожайности зерна кукурузы необходимо соблюдение ряда условий: посев гибридов с высокой потенциальной урожайностью и высокими адаптивными способностями, наличие высокого агрофона, формирования оптимальной густоты стояния растений и возделывание по интенсивной технологии [11, 16]. Среди этих факторов большая роль отводится выбору гибрида (сорта) [3]. В настоящее время на основе использования гетерозиса и ЦМС создаются высокопродуктивные гибриды кукурузы [18]. В Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию, представлен широкий выбор перспективных гибридов кукурузы с высокой потенциальной урожайностью и стрессоустойчивостью, а также ценными биологическими свойствами. В Российской Федерации лидерами в создании гибридов кукурузы разных групп спелости являются ФГБНУ ВНИИ кукурузы, ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко. ООО НПО «Семеноводство Кубани» ООО ИПА «Отбор», Поволжский филиал ФГБНУ ВНИИОЗ, Воронежский филиал ФГБНУ ВНИИ кукурузы, ФГБНУ ВНИИ зерновых культур им. Калиненко И.Г., ФГБНУ «НИИСХ ЦЧП» [5]. Однако из большого ассортимента гибридов, допущенных к использованию, сельхозпроизводители должны выбрать более надежные, обеспечивающие стабильную и высокую урожайность, а селекционеры выделить наиболее перспективные, превосходящие по комплексу хозяйственно-ценных признаков, с целью дальнейшего включения в селекционный процесс.

С этой целью проводится комплексная оценка гибридов кукурузы по основным хозяйственно-ценным признакам: межфазным периодам, высоте растений, высоте прикрепления початка, урожайности зерна и его качеству. При большом количестве гибридов и изучаемых признаков их анализ в различных сочетаниях представляет собой довольно трудоемкое занятие. Поэтому для объективной оценки степени сходства сортов и гибридов по комплексу показателей использу-

ют методы многомерной статистики, в том числе факторный и кластерные анализы [6, 9, 10, 12]. Кластерный анализ с учетом «евклидова расстояния» очень часто применяют для группировки исходного множества объектов [2], широко используют при изучении генетического родства [12, 13], выявлении изменчивости хозяйственно-ценных признаков сортов растений при разных метеоусловиях [10, 15], при изучении связи элементов продуктивности с морозоустойчивостью [15], создании базы сортов полевых культур на молекулярно-генетическом уровне [10].

Факторный анализ используется при исследовании статистически связанных признаков с целью выявления определенного числа срытых от непосредственного наблюдения факторов [9].

В настоящее время методы многомерной статистики используются при анализе экспериментальных данных зерновых, кормовых [4], плодовых и ягодных [1, 2, 8], овощных культур [17, 19].

Методика исследований. Экспериментальную часть выполняли на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» (г. Саратов) с 2016 по 2018 г. В изучении находилось 42 гибриды кукурузы (ФАО 100-499) селекции разных научных учреждений России, которые оценивали по признакам: длина межфазного периода всходы–цветение метелок, длина межфазного период всходы–цветение початков, высота растений, высота прикрепления початка, урожайность зерна, число зерен с початка, содержание сырого протеина, содержание сырого жира. Посев делянок проводили 25–29 мая, дата всходов – 2–5 июня. Расположение делянок рендомизированное [7]. Учетная площадь делянки – 15,4 м^2. Повторность – трехкратная. Агротехника возделывания кукурузы принятая для зоны возделывания. Густоту стояния растений формировали вручную в фазу 5 листьев у кукурузы (45 тыс. раст./га). Почва опытного участка представлена черноземом южным, маломощным. Обеспеченность почвы гумусом – 3,5–4,2 %. Метеорологические условия различались по годам исследований, ГТК (апрель – сентябрь) в 2016 г. – 0,48, 2017 г. – 1,1, в 2018 г. – 0,68. Исследования в опыте выполняли в соответствии с положениями рекомендаций по проведению полевых опытов с кукурузой. Статистическая обработка результатов исследований выполнена по методике Б.А. Доспехова с использованием статистического пакета AGROS-2.0 [2].

Результаты исследований. Для характеристики модельной популяции и оценки ее однородности была проведена базовая статистическая оценка признаков, в результате которой выявлена слабая и средняя степень варьирование по некоторым хозяйственно-ценным признакам. Так, коэффициент вариации менее 10,0 % характеризует признаки: межфазный период всходы–цветение метелок, межфазный период всходы–цветение початков, высота растений, высота прикрепления початка, содержание сырого протеина, содержание сырого жира. В группу со средней степенью варьирования (10,0 % <V <20,0 %) относятся признаки урожайность зерна и число зерен в початке (табл. 1). По всей совокупности гибридов средняя урожайность зерна составила 3,86 т/га. Самая низкая урожайность зерна выявлена у гибрида Кубанский 101 СВ, а самая высокая у гибрида Машук 360 МВ. Размах цветения от всходов до цветения початков находился в диапазоне 43–65 дней. К наиболее раннеспелым (этот период 43–49 дней) следует отнести гибриды: Кубанский 101 СВ, Росс 140 СВ, Машук 150 МВ, Нур, Машук 171 МВ. Экстримумы по высоте растений составляли 164,3–226,3 см при среднем значении признака 198,7 см. Гибриды Родник 179 СВ, Машук 480 СВ характеризовались высоким числом зерен на початке – 519,5 и 500,0 шт./га соответственно. У более половины гибридов из всех совокупности число зерен на початке выше 400,0 шт.

На основании базы данных, включающей параметры 42 гибридов, вычислили матрицу коэффициентов корреляции. Критические значения коэффициентов корреляции при выборке n = 42 составила $r_{0,05}$ = 0,30, $r_{0,01}$ = 39. Выявлены высокие положительные корреляционные связи между межфазными периодами всходы–цветение метелок и всходы–цветение початков (r = 0,99), высотой растений и высотой прикрепления початка (r = 0,81), длиной межфазных периодов и высотой заложения початка (r = 0,77). Корреляционные связи средней степени установлены между признаками: высота растений и урожайность зерна (r = 0,52), высота заложения початка и урожайность зерна (r = 0,42), а также между высотой растений и числом зерен с початка (r = 0,63). Значимый коэффициент корреляции определен между признаками длина межфазных периодов всходы–цветение метелок и всходы–цветение початков с урожайностью зерна (r = 0,34 и 0,36 соответственно), урожайность зерна и число зерен на початке (r = 0,37). Следует отметить, что признак число зерен на початке коррелирует с признаками: период всходы–цветение початка, всходы–цветение метелки, высота растений, высота прикрепления початка, урожайность зерна.

При интерпретации результатов в модели использовали следующие принципы: сильно взаимосвязанные показатели объединяли внутри одной группы; показатели, объединенные внутри одной группы, и слабо связанные, входящие

в другой фактор и несущественные корреляционные связи между показателями, исключали из анализа. Отбор признаков, определяющих каждый гипотетический фактор, проводили по абсолютной величине коэффициентов корреляции с фактором. При расчете весов переменных на компоненты установлено, что наибольший вклад (дисперсия 54,814%) в первый гипотетический фактор вносят следующие признаки: межфазные периоды всходы–цветение метелки и всходы–цветение початка, высота растений, высота прикрепления початка, урожайность зерна, масса 1000 зерен (табл. 2). Урожайность зерна определяет эффект второго кластера (дисперсия 14,063 %). Третий фактор (дисперсия 12,309 %) обусловлен в большей мере вкладом урожайности зерна и массы 1000 зерен. Урожайность зерна, содержание сырого протеина вносят в значительной степени (в сравнении с другими признаками) вклад в четвертый фактор (дисперсия 7,966 %). Пятый фактор определяется суммарным эффектом незначимых нагрузок признаков. Эффект шестого и последующих факторов не превышает 5 % в накапливаемой дисперсии и поэтому их обсуждение не представляет существенного значения.

Использование кластерного анализа по минимуму евклидовых расстояний 42 гибридов модельной популяции кукурузы по изучаемым признакам позволило сгруппировать на 32-м шаге итерации (евклидово расстояние – 7,340) в 10 кластеров (см. рисунок). Для гибридов, составляющие кластеры, характерен схожий набор признаков внутри кластеров и достоверные различия между кластерами, подтвержденные методом неорганизованных повторений однофакторного дисперсионного анализа (табл. 3). В результате такого подхода к экспериментальному материалу определено среднее значение признаков по кластерам и выявлены параметры, по которым кластеры различаются [2, 8].

Кластеры представлены следующими гибридами:

1-й: Биляр, Машук 175 МВ, Ньютон, Росс 199 МВ, Машук 171 МВ, Катерина СВ, РННИСК 1, Ладожский 185 МВ, Рродник 180 СВ, Росс 140 СВ, Докучаевский 190 СВ, Машук 220 МВ, Ладожский 181 МВ, Агата СВ, Дарина МВ;

2-й: Краснодарский 196 МВ, Стимул;

3-й: Машук 170 МВ, Родник 179 МВ, Байкал;

4-й: Машук 150 МВ, Нур, Плутон МВ;

5-й: Уральский 150, Неон 147 МВ;

6-й: Краснодарский 194 МВ, Ладожский 250 МВ, Ладожский 292 МВ, Ладожский 298 МВ, Машук 360 МВ;

7-й: Дублер, Белозерный 300, Краснодарский 230 АМВ, Машук 250 СВ, Машук 355 МВ, Радуга,

Таблица 1

Общая характеристика изменчивости признаков гибридов кукурузы, 2016–2018 гг.

Параметр	Межфазный период всходы–цветение, сут.		Высота, см		Урожайность зерна, т/га	Число зерен с початка, шт.	Содержание сырого протеина, %	Содержание сырого жира,%
	метелок	початков	растений	початка				
Средняя (x)	54,4	55,5	198,7	71,7	3,8	412,6	9,13	4,5
Ошибка (sx)	0,80	0,80	2,18	2,03	0,094	8,33	0,08	0,063
Дисперсия, s^2	27,41	27,41	195,90	174,27	0,36	2911,93	0,329	0,169
Стандартное отклонение, s	5,23	5,24	13,97	13,20	0,60	53,96	0,573	0,411
Коэффициент вариации, V, %	9,61	9,43	7,04	18,39	15,50	13,07	6,27	9,00
Коэффициент асимметрии, As	–0,024 ns	–0,156 ns	–0,19 ns	–0,162 ns	0,014 ns	–0,237 ns	0,113 ns	0,649 ns
Ошибка коэффициента асимметрии, sa	0,365	0,365	0,369	0,365	0,369	0,365	0,365	0,365
Коэффициент эксцесса, Ex	–0,536 ns	–0,58 ns	0,017 ns	0,221 ns	–0,319 ns	–0,107 ns	-0,642 ns	–0,114 ns
Ошибка коэффициента эксцесса, Se	0,715	0,715	0,722	0,715	0,722	0,715	0,715	0,715
min	42,0	43,0	164,3	34,5	2,76	281,4	7,8	3,9
max	65,3	65,0	226,3	96,	5,1	519,6	10,2	5,5
n	42	42	41 j= 0 = 148,0	42	41 j= 37 = 1,67	42	42	42

Таблица 2

Веса переменных на компоненты (факторные нагрузки), 2016–2018 гг.

Признак	Фактор				
	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
Межфазный период всходы–цветение метелки	0,890	–0,137	–0,252	–0,257	–0,235
Межфазный период всходы–цветение початка	0,902	–0,122	–0,216	–0,252	–0,253
Высота растений	0,858	–0,077	0,213	0,169	0,276
Высота прикрепления початка	0,911	–0,082	–0,066	0,005	0,221
Урожайность зерна	0,586	0,409	0,454	0,378	–0,369
Число зерен с початка	0,652	–0,379	0,528	–0,084	0,118
Содержание сырого протеина в зерне	–0,284	–0,846	–0,114	0,395	–0,173
Содержание сырого жира в зерне	–0,604	–0,231	0,572	–0,415	–0,121
Дисперсия	4,385	1,125	0,985	0,637	0,430
Дисперсия, %	54,814	14,063	12,309	7,966	5,380
Накопление дисперсии, %	54,814	68,877	81,187	89,152	94,532

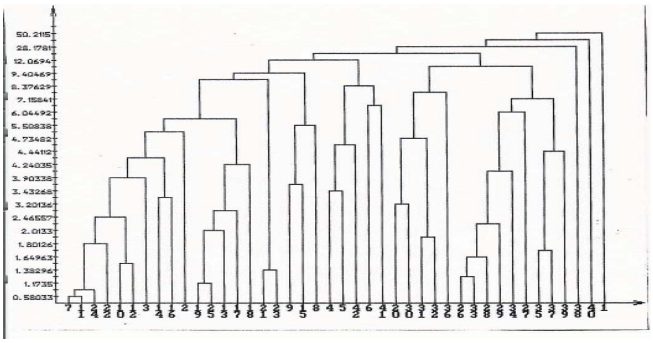
Диана МВ, Машук 390 МВ, Машук 480 СВ;

8-й: Янтарный;

9-й: Бештау;

10-й: Кубанский 101 СВ.

Первый кластер, самый многочисленный, включает 15 гибридов, характеризующихся средней выраженностью признаков (длина межфазных периодов всходы–цветение метелки всходы–цветение початков 52,0 и 53,7 сут. соответственно; урожайность зерна –3,92 т/га, высота растений – 97,2 см) (табл. 3). Установлены существенные отличия по продолжительности периода всходы–цветение метелки от кластеров 2, 4, 6, 7, 8, 9,10; по периоду всходы–цветение початка – от кластеров 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10; по высоте растений – от кластеров 4, 7, 8, 9, 10; по высоте прикрепления початка – от кластеров 4, 6, 7, 8, 9, 10; по урожайности зерна – от кластеров 2, 4, 5, 8, 9, 10; по числу зерен с одного початка – от кластеров 3, 5, 7 , 10; по содержанию протеина в зерне – от 8 кластера, по содержанию жира – от кластеров 2, 3, 9, 10.



Дендрограмма сходства–различий гибридов кукурузы по комплексу признаков, 2016–2018 гг.: 1. Кубанский 101 СВ; 2. Росс 140 СВ; 3. РНИИСК 1; 4. Машук 150 МВ; 5. Нур; 6. Уральский 150; 7. Биляр; 8. Байкал; 9. Машук 170 МВ; 10. Машук 171 МВ; 11 Машук 175 МВ; 12. Катерина СВ; 13. Ладожский 181 МВ; 14. Ладожский 185 МВ; 15. Родник 179 СВ; 1 6.Родник 180 СВ; 17. Агата СВ; 18. Дарина МВ; 19. Докучаевский 190 СВ; 20. Краснодарский 194 МВ; 21. Краснодарский 196 МВ; 22. Росс 199 МВ; 23. Стимул; 24. Ньютон; 25. Машук 220 МВ; 26. Дублер; 27. Радуга; 28. Краснодарский 230 АМВ; 29. Машук 250 СВ; 30. Ладожский 250 МВ; 31. Ладожский 292 МВ; 32. Ладожский 298 АМВ; 38. Янтарный; 39. Машук 480 СВ; 40. Бештау; 41. Неон 147 МВ; 42. Плутон МВ

Первый кластер, самый многочисленный, включает 15 гибридов, характеризующихся средней выраженностью признаков (длина межфазных периодов всходы–цветение метелки всходы–цветение початков 52,0 и 53,7 сут. соответственно; урожайность зерна –3,92 т/га, высота растений – 97,2 см) (табл. 3). Установлены существенные отличия по продолжительности периода всходы–цветение метелки от кластеров 2, 4, 6, 7, 8, 9,10; по периоду всходы–цветение початка – от кластеров 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10; по высоте растений – от кластеров 4, 7, 8, 9, 10; по высоте прикрепления початка – от кластеров 4, 6, 7, 8, 9, 10; по урожайности зерна – от кластеров 2, 4, 5, 8, 9, 10; по числу зерен с одного початка – от кластеров 3, 5, 7 , 10; по содержанию протеина в зерне – от 8 кластера, по содержанию жира – от кластеров 2, 3, 9, 10.

Гибриды второго кластера относятся к раннеспелой группе, от гибридов первой группы достоверно отличается более низкой урожайностью зерна (3,08 т/га), низким содержанием сырого протеина (8,45 %,) и высоким содержанием жира (5,32 %). Выявлены следующее число различий по признакам с остальными кластерами: по межфазному периоду всходы–цветение метелки с кластерами 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10; по продолжительности периода всходы–цветения початка с 4, 6, 7, 8, 9, 10; по высоте растений с 3, 4, 7, 9, 10; по высоте прикрепления початка с 4, 7, 8, 9, 10; по урожайности зерна с 3, 6, 7, 8, 9; по числу зерен с 1 початка с 3, 5, 7, 10; по содержанию протеина с 3,4 ,5, 8; по содержанию жира с 1, 5, 6, 7, 8, 9.

Гибриды третьего кластера отличаются от первого и второго кластеров более высоким числом зерен с початка (482,0 шт.) и превосходят гибриды второго кластера по урожайности зерна (3,87 т/га) и высоте растений (202,7 см). Также установлено значимое различие по продолжительности период всходы–цветение метелки от кластеров 6, 7, 8, 9, 10; по периоду всходы–цветение початков – от кластеров 4, 6, 7, 8, 9, 10; по высоте растений – от кластеров 4, 5, 7, 8, 9, 10; по высоте прикрепления початка – от кластеров 4, 6, 7, 8, 9, 10; по урожайности зерна – от кластеров 4, 5, 8,9,10; по числу зерен с 1 початка 4,5,6,8,10; по содержанию протеина – от кластеров 6, 9, 10; по содержанию жира – от кластеров 5, 6, 7, 8, 9.

В четвертом кластере объединены гибриды с более короткими межфазными периодами всхо-

Таблица 3

Средние значения хозяйственно-ценных признаков по кластерам, 2016–2018 гг.

Кластер	Признак							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	52,0 c	53,7 de	197,3 de	66,5 c	3,92 def	407,3 cd	9,2 abcd	4,5 bc
2	55,9 de	57,3 cd	189,8 cd	60,3 dc	3,08 b	417,9 cde	8,5 a	5,3 ef
3	50,3 bc	52,1 c	202,5 e	69,3 cd	3,87 cdef	482,0 f	9,7 cde	5,2 def
4	47,9 b	48,0 b	172,7 b	57,8 b	3,16 b	369,2 dc	9,7 de	4,9 cde
5	50,2 bc	51,6 bc	178,8 dc	60,4 bc	3,05 b	329,6 b	9,5 bcd	4,2 ab
6	58,0 ef	59,3 ef	197,2 de	77,4 def	4,15 ef	368,7 dc	8,7 ab	4,2 ab
7	59,8 f	60,8 f	215,3 fg	86,2 fg	4,16 f	465,7 ef	9,0 abcd	4,4 ab
8	65,3 h	65,0 h	186,1 cd	81,0 ef	1,67 a	417,3 cde	10,3 e	4,2 ab
9	63,3 gh	64,7 gh	215,8 g	94,6 g	5,06 g	440,0 def	8,6 a	4,0 a
10	42,0 a	43,3 a	148,3 a	34,5 a	2,76 b	281,4 a	8,5 a	5,4 f
F	25,9*	17,48*	16,45*	13,72*	7,04*	9,83*	2,93*	7,24
$НСР_{05}$	3,04	3,63	11,23	10,84	0,66	46,63	0,712	0,41

* 1. Межфазный период всходы – цветение метелок (сут.); 2. Межфазный период всходы–цветение початков (сут.); 3. Высота растений (см); 4. Высота прикрепления початка (см); 5. Урожайность зерна (т/га); 6. Число зерен с початка (шт.); 7. Содержание сырого протеина (%); 8. Содержание сырого жира (%);

** значения, сопровождаемые одинаковыми буквами существенно не различаются по критерию Дункана.

ды – цветение метелок и початков 47,8 и 48,0 дней соответственно и невысокими растениями (172,7 см). Выявлено достоверное отличие по признакам от других кластеров: по высоте растений – от кластеров 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10; по высоте прикрепления початков – от кластеров 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10; по урожайности зерна – от кластеров 1, 3, 6, 7, 8, 9; числу зерен с 1 початка – от кластеров 2, 6, 9, 10; содержания жира – от кластеров 5, 6, 7,8, 9, 10.

Пятый кластер сформирован раннеспелыми гибридами со средней выраженностью основных признаков и низким содержанием сырого жира (4,22 %). Существенно отличается по высоте растений – от кластеров 3, 4, 7, 9; высоте прикрепления початка – от кластеров 6, 7, 8, 9, 10; урожайности зерна – от кластеров 1, 3, 6, 7, 8, 9; по числу зерен с 1 початка – от кластеров 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10; по содержанию протеина – от кластеров 2, 8, 9, 10; по содержанию жира –от кластеров 2, 3, 4, 10.

Гибриды шестого кластера занимают промежуточное значение между предыдущими и последующими кластерами – среднеспелые формы формирующие урожай зерна в пределах 4,15 т/га. По высоте растений отличаются – от кластеров 3, 4, 7, 10, высоте прикрепления початка – от кластеров 1, 4, 5, 7, 9 по урожайности зерна – от кластеров 2, 4, 5, 8, 9; по содержанию протеина – от кластеров 3, 4, 8; по содержанию жира – от кластеров 2, 3, 4, 10.

Седьмой кластер включает гибриды, характеризующиеся высокорослостью (215,3 см) и большим количеством зерен на 1 початке, а также отличающихся по межфазному периоду всходы–цветение початка – от кластеров 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10; высоте прикрепления початка – от кластеров 1, 2, 3, 4, 5, 10; урожайности зерна – от кластеров 2,4, 5, 8, 9,10; по содержанию протеина – от кластера 8; по содержанию жира – от кластеров 2, 3, 4, 10.

Восьмой кластер представлен позднеспелым, низкорослым генотипом (186,1 см) с низкой урожайностью зерна (1,67 т/га) и высоким содержанием сырого протеина (10,27 %). Максимальное число различий установлено по признаку урожайность зерна (со всеми кластерами), а также по межфазным периодам всходы–цветение метелки и всходы–цветение початка (кроме кластера 9). Минимально число различий выявлено по высоте растений с 3, 4, 7, 9, 10 кластерами, числу зерен с 1 початка с 3, 5, 10 кластерами и по содержанию жира с 2, 3, 4, 10 кластерами.

Гибрид девятого кластера (Бештау) имеет преимущество по отдельным хозяйственно-ценным признакам и достоверно отличается от кластеров 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10 по периодам всходы – цветение метелки и всходы–цветение початка; от кластеров 1, 5, 10 по числу зерен с одного початка; от кластеров 3, 4, 5, 8 по содержанию сырого протеина; от кластеров 1, 4, 5, 6, 7, 8, 10 по содержанию сырого жира. По признакам высота растений и высота прикрепления початка отличается от всех кластеров.

К десятому кластеру отнесен самый скороспелый гибрид (длина межфазного периода всходы–цветение метелки – 42 дня и всходы–цветение початка – 43,3 дня), характеризующийся низкорослостью (148,3 см) и низким заложением початка (34,5 см), существенно отличающего по урожайности зерна от кластеров 1, 3, 6, 7, 8, 9; по числу зерен с 1 початка – от кластеров 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9; по содержанию протеина – от кластеров 3, 4, 5, 8; по содержанию жира – от кластеров 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

Заключение. В результате базовой статистической оценки выявлена слабая и средняя степень варьирование по изучаемым хозяйственно-ценным признакам. Так, V < 10,0 % характеризует признаки: межфазный период всходы–цветение метелок, межфазный период всходы–цветение початков, высота растений, высота прикрепления початка, содержание «сырого» протеина, содержание «сырого» жира. В группу со средней степенью варьирования (10,0 % <V <20,0 %) относятся признаки урожайность зерна и число зерен в початке.

Выявлены высокие положительные корреляционные связи между межфазными периодами всходы–цветение метелок и всходы–цветение початка (r = 0,81), длиной межфазных периодов и высотой заложения початка (r = 0,77).

При расчете весов переменных на компоненты установлено, что наибольший вклад (дисперсии 54, 814 %) в первый гипотетический фактор вносят следующие признаки: межфазные периоды всходы–цветение метелки и всходы–цветение початка, высота растений, высота прикрепления початка, урожайность зерна, масса 1000 зерен.

Кластеризация гибридов по минимуму евклидовых расстояний позволила выявить наибольшее число различий между кластерами по изучаемым признакам. Максимальное число различий определено у гибрида десятого кластера Кубанский 101 СВ, а также у гибридов четвертого кластера (Машук 150 МВ, Нур, Плутон МВ) и девятого (Бештау).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андрушкевич Т.М.* Подбор исходного материала для селекции крыжовника с использованием метода кластерного анализа // Плодоводство и ягодоводство России. – 2012. – Т. 34. – № 1. – С. 24–34.

2. *Артюх С.П.*Ускорение селекционного процесса – базовое условие развития садоводства // Оптимизация технолого-экономических параметров структуры агроценозов и регламентов возделывания плодовых культур и винограда: материалы. Междунар. науч.-практ. конф. – Краснодар: ГНУСКЗНИИСиВ, 2008. – Т. 1. – С. 87–100.

3. *Вавилов Н.И.* Научные основы селекции полевых культур: сборник трудов. – Л.: Наука, 1981. – С. 92–13.

4. *Гудова Л.А.* Кластерный анализ хозяйственно-ценных признаков гибридов кукурузы в условиях Саратовского Правобережья // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 6. – С. 14–20.

5. Государственный реестр селекционных достижений допущенных к использованию – Т. 1. Сорта растений (официальное издание). – М., 2019. – 2020 с.

6. *Двойнишников В.А.* Оценка результатов экологического испытания гибридов кукурузы с помощью факторного анализа //Актуальные проблемы адаптивной интенсификации земледелия на рубеже столетий. – Минск, 2000. –С. 449–451.

7. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработкой результатов исследований). – М., 2011. – 352 с.

8. Использование компьютерных технологий при подборе родительских форм у плодовых культур // Виноградорство и виноделие в Краснодарском крае лаборатория Кубанского государственного аграрного университета. – Режим доступа: www. vitis.ru/pdf/is37.pdf. – дата доступа 05.01.2012.

9. *Ким Дж. -О.* Факторный анализ: статистические методы и практические вопросы //Факторный дискриминантный и кластерный анализ: сб. работ / пер. с анг.; под ред. И.С. Енюкова. – М.: Финансы и статистика., 1989. – 215 с.

10. *Корнева С.П.* Использование кластерного анализа для повышения эффективности отборов в расщепляющихся гибридных популяциях // Молодые ученые Сибирского региона – аграрной науке. – Омск, 2004. – Вып. 4. – С. 127–131.

11. Кукуруза в Саратовской области / А.П. Царев [и др.]. – Саратов: Сарат. гос. с.-х. акад., 1996. – 152 с.

12. *Мартынов С.П.* Кластерный анализ саратовских сортов яровой пшеницы по коэффициентам родства // Цитология и генетика. – 1989. – № 4. – С. 37–43

13. *Мельничук А.Д.* Определение генетической разнородности сортов картофеля и подбор родительских пар для гибридизации по результатм факторного анализа // Картофелеводство. – 2000. – Вып. 10. – С. 63–73.

14. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. – М., 1989. – Вып. 2. – 200 с.

15. *Перуанский Ю.В.* Кластеризация по элементам продуктивности форм озимой пшеницы различной // Селекция и урожай. – Алма–Ата, 1988. – С. 143–153.

16. Практикум по технологии производства продукции растениеводства / под ред. А.К.Фурсовой. – СПб.: Изд-во «Лань», 2014. – 400 с.

17. *Ротару Л.И., Лупашку Г.А.* Применение факторного и кластерного анализов для создания генотипов томата со стабильной продуктивностью // Современные тенденции в селекции и семеноводстве овощных культур. Традиции и перспективы: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. ГНУ «Всерос. НИИ селекции и семеноводства овощных культур», РАСХН; ред. В.Ф. Пивоваров [и др.]. – М.: ВНИИССОК, 2010. – Т. 1 – С. 462–470.

18. Технология возделывания кукурузы на силос с початками в молочно-восковой спелости в условиях Верхневолжья / под ред. З.И. Усановой. – Тверь: Редакционно-издательский центр ТвГТУ, 2019.– 111 с.

19. *Чеботарь С.В.* Дифференциация, идентификация и создание базы данных сортов T. aesmivum украинской селекции на основе STMS-анализа // Цитология и генетика. – 2001. – № 6. – С. – С. 18–27.

Гудова Людмила Александровна, *канд. с.-х. наук, младший научный сотрудник лаборатории масличных культур, ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока». Россия.*

410010, г. Саратов, ул. Тулайкова, 7.

Тел.: 89271242886; e-mail: abelia77@mail.ru.

Зайцев Сергей Александрович, *канд. с.-х. наук, главный научный сотрудник отдела кукурузы и зерно-*

бобовых культур, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы». Россия.

410050, г. Саратов, 1-й Институтский пр-д, 4.

Тел.: (8452) 79-49-69.

Жужукин Валерий Иванович, *д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Растениеводство, селекция и генетика», Саратовский государственный университет им. Н.И. Вавилова. Россия.*

Курасова Людмила Геннадиевна, *канд. биол. наук, доцент кафедры «Растениеводство, селекция и генетика», Саратовский государственный университет им. Н.И. Вавилова. Россия.*

410012, г. Саратов, Театральная пл., 1.

Тел.: 89063164045.

Лекарев Андрей Владимирович, *канд. с.-х. наук, научный сотрудник лаборатории масличных культур, ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока». Россия.*

410010, г. Саратов, ул. Тулайкова, 7.

Тел.: (8452) 64-76-88.

Ключевые слова: *модельная популяция; кукуруза; гибрид; хозяйственно-ценные признаки; коэффициент вариации; кластерный анализ; факторный анализ.*

USING MULTIVARIATE STATISTICAL METHODS TO ESTIMATE THE MODEL MAIZE POPULATION

Gudova Lyudmila Aleksandrovna, *Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Federal Agricultural Research Center for South-East Region. Russia.*

Zaytsev Sergey Aleksandrovich, *Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Russian Research Institute for Sorghum and Maize "Rossorgo". Russia.*

Zhuzhukin Valeriy Ivanovich, *Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the chair "Crop production, Selection and Genetics", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.*

Kurasova Lyudmila Gennadievna, *Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the chair "Crop production, Selection and Genetics", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.*

Lekarev Andrey Vladimirovich, *Candidate of Agricultural Sciences, Researcher, Federal Agricultural Research Center for South-East Region. Russia.*

Keywords: *model population; maize; hybrid; economically valuable signs; the coefficient of variation; cluster analysis; factor analysis.*

In order to objectively assess the degree of similarity of varieties and hybrids by a set of indicators and to interpret a large amount of data in breeding practice, methods of multidimensional statis-tics are used, including factor and cluster analyzes. The study included 42 maize hybrids (FAO 100-499) of the selection of various scientific institutions of Russia, which were assessed according to the following characteristics: the length of the interphase stage of seedlings - flowering of panicles and ears, plant height, ear attachment height, grain yield, number of grains per ear, crude protein and crude fat content. Factor analysis made it possible to calculate the correlation coefficients between the variables under consideration and to reveal high positive correlations between the interfacial stages of a panicle seedlings–flowering and seedlings–flowering of ears (r = 0.99), plant height and ear attachment height (r = 0, 81), the length of the interphase peri-ods and the ear height (r = 0.77). A significant correlation coefficient was determined between the traits, the length of the interphase periods, seedlings – flowering of panicles and ears with grain yield (r = 0.34 and 0.36, respectively), grain yield and number of grains per ear (r = 0.37). When calculating the weights of the variables for the components, it was found out that the largest contribution (variance 54.814%) to the first hypothetical factor was made by the following signs: interphase periods of panicle seedlings–flowering and of ear seedlings–flowering, plant height, ear attachment height, grain yield, 1000 grain weight. The use of cluster analysis made it possible to group the studied hybrids at 32 iteration steps (Euclidean distance - 7.340) into 10 clusters with different breeding values. The hybrids that make up the clusters are charac-terized by a similar set of features within the clusters and significant differences between the clus-ters, confirmed by the method of unorganized repetitions of one-way ANOVA.