

АГРОНОМИЯ

4.1.1 Общее земледелие и растениеводство  
4.1.2 Селекция, семеноводство и биотехнология

Научная статья  
УДК 633.15.631.527  
doi: 10.28983/asj.y2024i12pp43-49

**Перспективы интродукции коллекции сортообразцов кукурузы  
в условиях Нижневолжского региона**

**Валерий Иванович Жужукин<sup>1</sup>, Василий Иванович Каргин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, г. Саранск, Россия  
e-mail: mukhatova1995@list.ru

**Аннотация.** Комплексный анализ коллекции сортообразцов кукурузы с точки зрения их селекционной ценности. Проведена оценка их потенциала продуктивности в условиях Нижнего Поволжья. Полевые исследования проведены в засушливых условиях Саратовского Левобережья. Объектами исследований являлись генотипы кукурузы различного происхождения. В ходе работы был проведен анализ по 19 хозяйственно-ценным признакам у генотипов кукурузы (18 шт.) различного происхождения. Выявлена значительная вариабельность по ряду важнейших признаков, таких как высота прикрепления початка, вес 1000 зерен, количество зерен в початке и урожайность зерна. Вариация изучаемых признаков превышала 20 %, что указывает на высокую степень изменчивости. Расчет парных коэффициентов корреляции позволил выявить взаимосвязи между изученными признаками, рассматривая коллекцию как модельную популяцию. Проведенный статистический анализ выявил существенную зависимость на уровне 5 % у 58 пар признаков. Коэффициенты детерминации позволили установить влияние каждого изученного признака на формирование урожайности зерна. Факторный анализ главных компонент выявил, что первые шесть факторов объясняют 88,51 % общей дисперсии данных, в то время как на оставшиеся 11,49 % приходится на факторы с Z-7 по Z-19. На основе коэффициентов детерминации установлена степень влияния каждого признака на формирование урожайности зерна. Анализ главных компонент показал, что первые шесть факторов объясняют 88,51 % общей дисперсии, в то время как оставшиеся 11,49 % приходятся на факторы с Z-7 по Z-19. Полученные результаты позволяют выделить перспективные генотипы в коллекции сортообразцов кукурузы, обладающие ценными вегетативными и генеративными признаками. В частности, для селекции на кормовые цели (с высокой вегетативной массой) целесообразно использовать образцы к-906, к-909, к-1144, к-1769.

**Ключевые слова:** коллекция ВИП; генотип; кукуруза; статистический анализ; урожайность; качество

**Для цитирования:** Жужукин В. И., Каргин В. И. Перспективы интродукции коллекции сортообразцов кукурузы в условиях Нижневолжского региона // Аграрный научный журнал. 2024. № 12. С. 43–49.  
<http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i12pp43-49>.

AGRONOMY

Original article

**Prospects for the introduction of a collection of maize varieties  
in the conditions of the Lower Volga region**

**Valery I. Zhuzhukin<sup>1</sup>, Vasily I. Kargin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

<sup>2</sup>National Research Mordovia State University, Saransk, Russia

e-mail: mukhatova1995@list.ru

**Abstract.** A comprehensive analysis of the collection of maize varieties from the point of view of their breeding value. An assessment of their productivity potential in the conditions of the Lower Volga region was carried out. Field research was carried out in the arid conditions of the Saratov Left Bank. The objects of research were the





genotypes of maize of various origins. In the course of the work, an analysis was carried out on 19 economically valuable traits in 18 gene types of corn. Significant variability was revealed in a number of important features, such as the height of the attachment of the cob, the mass of 1000 grains, the number of grains in the cob and the grain yield. The variation of the studied features exceeded 20 %, which indicates a high degree of variability. The calculation of paired correlation coefficients made it possible to identify the relationships between the studied features, considering the collection as a model population. A statistically significant correlation at the level of 5 % was found in 58 pairs of signs. Based on the determination coefficients, the influence of each studied feature on the formation of grain yield was established. Factor analysis of the main components revealed that the first six factors explain 88.51 % of the total data variance, while the remaining 11.49 % are accounted for by factors from Z-7 to Z-19. Based on the determination coefficients, the degree of influence of each sign on the formation of grain yield is determined. The analysis of the main components showed that the first six factors explain 88.51 % of the total variance, while the remaining 11.49 % are accounted for by factors from Z-7 to Z-19. The results obtained make it possible to identify promising genotypes in the collection of maize cultivars with valuable vegetative and generative characteristics. In particular, it is advisable to use samples k-906, k-909, k-1144, k-1769 for breeding for forage purposes (with a high vegetative mass).

**Keywords:** VIP collection; genotype; corn; statistical analysis; yield; quality

**For citation:** Zhuzhukin V. I., Kargin V.I. Prospects for the introduction of a collection of maize varieties in the conditions of the Lower Volga region. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2024;(12): 43–49. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i12pp43-49>.

**Введение.** В современных условиях на территории Нижнего Поволжья отмечается тенденция увеличения посевных площадей под кукурузой. В ее зерне содержится до 22,9 % белка, порядка 70 % крахмала, витамины [7, 8, 13]. В зародыше зерна различных подвидов кукурузы содержится большое количество физиологически активных веществ: жирные кислоты, токоферол, фитин, лецитины, тиамин, рибофлавин и др. Высокий спрос на ее зерно связан с развитием технологий – изготавливают более 200 видов продуктов. Используется для получения: муки, крупы, крахмала, консервов, спирта, растительного масла, консервов, спирта. В настоящее время созданы технологии изготовления гипоаллергенной продукции, одноразовой посуды и топлива из стеблей и листьев, что приводит к снижению выбросов из углеводов. Культура традиционно используется в животноводстве в качестве концентрированного корма, зеленой массы и силоса [1, 10–12].

Возрастающий спрос на раннеспелые гибриды с высокой урожайностью и отдачей влаги зерном приводит к стабилизации экономики современных предприятий. Разнообразие гибридов в условиях усиливающейся аридизации климата сводится к использованию нескольких урожайных образцов. В связи с этим создание или подбор форм (интродукция) для дальнейшей селекции в современных условиях является актуальным направлением исследований [6, 10, 14].

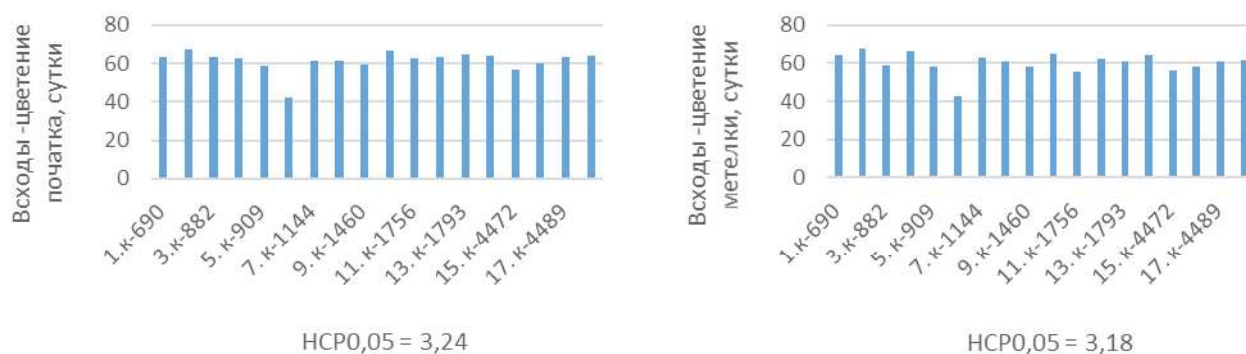
Цель исследований – выявление среди различных генотипов кукурузы коллекции ВИР высокопродуктивных форм в засушливых условиях Нижнего Поволжья.

**Материалы и методы.** Оценку различных сортообразцов кукурузы осуществляли на темно-каштановых почвах Энгельского района Саратовской области (ООО ОВП «Покровское»). В качестве объектов исследований взяли генотипы кукурузы различного происхождения: 1. к-690 2. к-880 3. к-882 4. к-906 5. к-909 6. к-1058 7. к-1144 8. к-1146 №12 9. к-1460 10. к-1461 11. к-1756 12. к-1769 13. к-1793 14. к-1798 15. к-4472 16. к-4488 17. к-4489 18. к-4478.

В опыте использовали двухрядковые делянки (7,7 м<sup>2</sup>). Норма высева на селекционном участке соответствовала 45 тыс. шт./га. Повторность в опыте трехкратная. Посев культуры осуществляли при прогревании почвы до оптимальной температуры. Анализ данных температурного режима и влагообеспеченности в период вегетации позволил рассчитать гидротермический коэффициент за июнь–сентябрь составил: в 2022 г. – 0,25; в 2023 г. – 0,8. Оценку хозяйственно-ценных признаков проводили согласно методическим рекомендациям [9]. Анализ качественных характеристик зерна кукурузы проводили в соответствии с методами [2, 3] для определения содержания белка и жира, золы [4], клетчатки [5]. Результаты учетов и наблюдений статистически обрабатывали при помощи специализированного программного обеспечения Agros 2.09.

**Результаты исследований.** Анализ генетических типов по продолжительности интервалов между этапами развития у отдельных экземпляров показал различия во времени наступления фаз

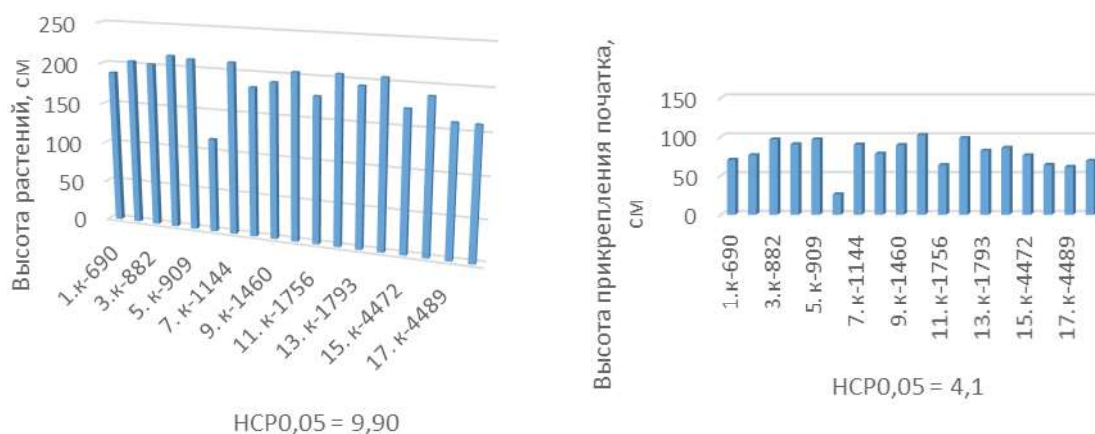
цветения, как у соцветия, так и у початков. В засушливых условиях 2022 г. перекрестное опыление отмечено у 11 генотипов, в более благоприятном по увлажнению 2023 году у 14. Появление рылец раньше цветения метелки соответственно в первый год отмечали у 3 сортообразцов, во второй у 2 сортообразцов. У остальных объектов исследований выявили совпадение начала фаз цветения початков (рисунки 1, 2).



*Рисунок 1 – Продолжительность межфазных периодов кукурузы*

*Figure 1 – Duration of interphase periods of corn*

Анализ параметров крепления початка выявил образец, не пригодный для механизированной уборки, – к-1058.



*Рисунок 2 – Параметры высоты растений и высоты прикрепления початка*

*Figure 2 – Plant height and cob attachment height parameters*

В исследовании было выделено две группы растений по высоте. К первой группе, включающей в себя растения высотой более 218,0 см, были отнесены образцы к-906, к-909, к-1144 и к-1769. Во вторую группу вошли растения высотой от 183,4 до 18,0 см, представленные генотипом к-690, к-880, к-882, к-1146, к-1460, к-1461, к-1756, к-1793, к-1798, к-4472, к-4488; в третью группу с высотой растений менее 183,4 см вошли сортообразцы: к-1058, к-4489, к-4478 (см. рисунок 1).

Проведенная оценка элементов структуры урожая початка выявила образцы представляющий интерес для дальнейшей селекции:

- по массе 1000 семян выделились генотипы: к-1144, к-1460, к-4472 (таблица 1);
- по количеству зерен в соцветии: к-1146, к-1798, к-4488;
- по количеству зерен, в среднем, в ряду женского соцветия: к-909, к-1146, к-1798, к-4488;
- по диаметру початка: к-882, к-1460, к-1798.

К первой группе также относятся следующие генотипы:

- по величине озерненной части початка: к-909, к-1798, к-4488;
- по длине початка: к-909, к-1144, к-1798, к-4488;
- по урожайности зерна при стандартной влажности: к-1144, к-1460, к-1798.

Параметры уборочной влажности зерна и зеленой массы позволяют определить характер использования образцов и выбор технологии уборки – на зерно, на зеленую массу или силос (таблица 2).





Таблица 1 – Элементы биологической урожайности кукурузы, среднее за 2022–2023 гг.

Table 1 – Elements of the structure of the cob of maize varieties of the VIR collection, average for 2022-2023

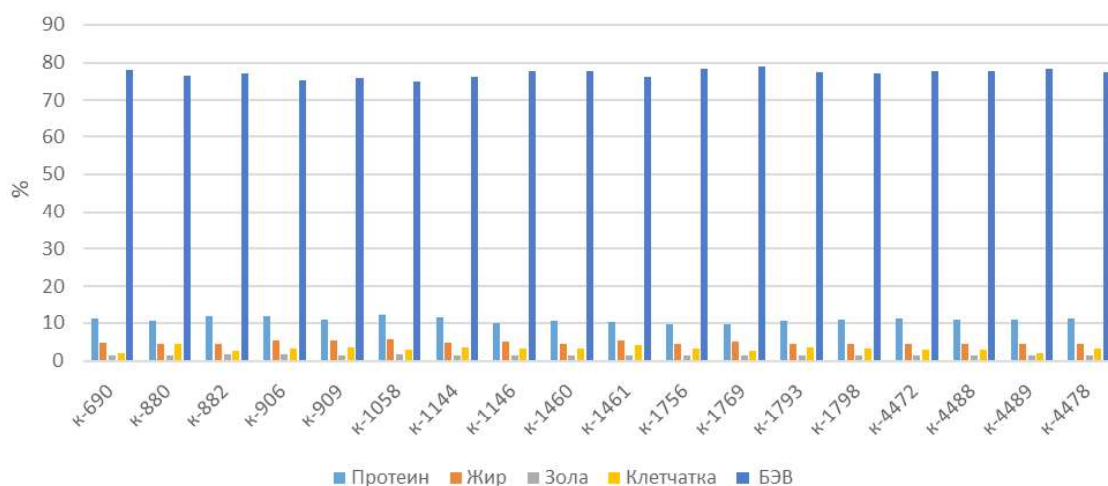
Генотип по каталогу ВИР	Масса 1000 зерен, г	Число зерен в початке, шт.	Число зерен в ряду, шт.	Число рядов зерен, шт.	Диаметр початка, мм
к-690	247,8	305,3	22,1	10	36,1
к-880	214,3	425,9	28,5	11,8	41,4
к-882	208,9	396,4	27,3	11,3	45,2
к-906	188,1	374	26,2	11,8	42,1
к-909	197,0	423,3	30,4	11,3	39,1
к-1058	214,3	187,6	18,0	8,1	33,3
к-1144	358,4	303,7	29,5	8,3	40,9
к-1146	170,4	448,1	31,8	11,5	41,1
к-1460	305,5	356,6	26,8	11,0	43,1
к-1461	257,1	380,0	30,2	10,8	42,2
к-1756	226,4	311,6	23,6	10,9	40,7
к-1769	244,0	407,0	28,6	11,5	41,9
к-1793	261,1	337,8	26,4	10,7	39,2
к-1798	234,6	529,6	33,7	15,4	43,2
к-4472	295,1	230,3	21,4	8,7	39,4
к-4488	185,0	436,8	34,3	10,5	41,1
к-4489	194,9	352,3	26,5	11,4	42,5
к-4478	172,0	406,6	27,7	12,0	42,4
Среднее значение	231,9	367,3	27,3	10,9	40,8
НСР <sub>0,05</sub>	11,5	18,3	1,3	0,5	2,0

Таблица 2 – Продуктивность различных генотипов, среднее за 2022–2023 гг.

Table 2 – Productivity of various genotypes, average for 2022-2023

Генотип по каталогу ВИР	Величина озерненной части початка, см	Величина початка, см	Урожайность зерна при стандартной влажности, т/га	Величина уборочной влажность зерна, %	Величина уборочной влажности биомассы, %
к-690	13,4	15,7	2,8	41,5	74,8
к-880	15,6	15,7	4,6	39,8	80,9
к-882	14,0	14,3	4,2	41,3	60,4
к-906	15,2	15,3	3,6	46,4	71,3
к-909	16,4	18,1	4,2	33,0	65,0
к-1058	12,3	12,4	2,1	19,0	57,0
к-1144	15,7	17,9	5,3	34,8	75,2
к-1146	12,6	12,9	3,7	30,1	72,5
к-1460	15,5	15,9	5,3	24,3	58,6
к-1461	15,6	16,1	4,6	47,1	77,7
к-1756	13,5	13,8	3,6	37,5	61,5
к-1769	15,9	16,3	4,8	36,5	66,1
к-1793	15,6	16,3	4,3	35,5	76,0
к-1798	17,5	18,6	6,6	39,7	74,2
к-4472	12,6	13,8	3,4	32,6	73,6
к-4488	17,4	16,9	3,8	41,4	75,0
к-4489	14,0	16,3	3,4	34,0	71,4
к-4478	12,7	13,9	3,5	31,1	72,4
Среднее значение	13,45	15,27	3,90	37,36	72,60
НСР <sub>0,05</sub>	1,17	1,24	0,73	5,03	4,96

По содержанию белка отличаются генотипы: к-882, к-906, к-1058 и к-1144. По содержанию жира высокой вариабельностью характеризуются следующие образцы: к-906, к-909, к-1058 и к-1461. Что касается БЭВ, то высокие показатели выявлены у номеров к-690, к-1756, к-1769 и к-4489 (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Результаты лабораторной оценки качества зерна различных генотипов кукурузы, среднее за 2022–2023 гг.**

**Figure 3 – Results of laboratory assessment of grain quality of different corn genotypes, average for 2022–2023**

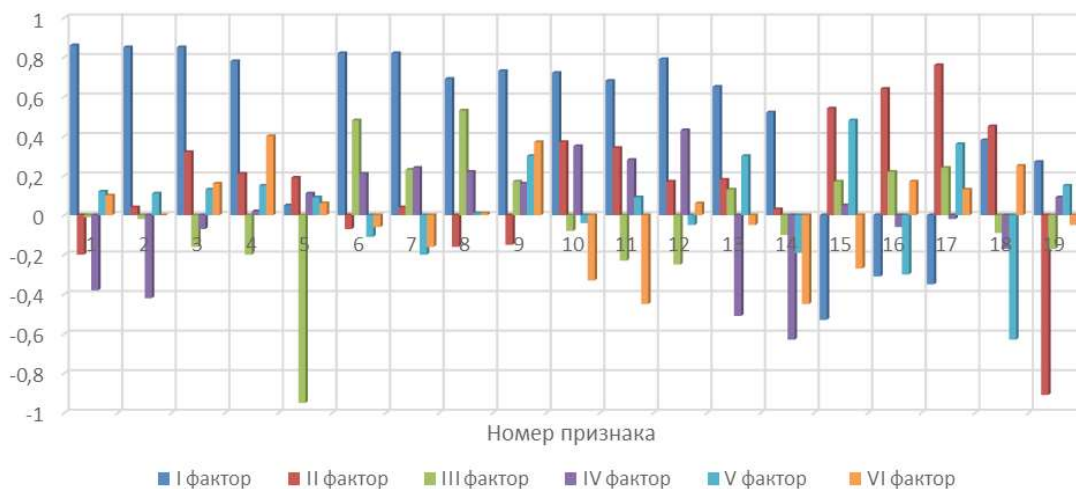
Проведенная оценка генотипов коллекции позволила выявить уровень варьирования изучаемых признаков. В исследовании были проанализированы следующие морфологические характеристики генотипов с сильной вариацией: высота крепления початка, вес 1000 зерен, количество зерен в соцветии и урожайность зерна при стандартной влажности.

В ходе исследований выявлено, что слабая вариация (менее 10 %) отмечается у следующих признаков: всходы–цветение женского соцветия, всходы–цветение метелки, диаметр початка, влажность биомассы в период уборки, содержание протеина, жира, золы и БЭВ. Изучаемые генотипы со средней степенью варьирования сгруппировали по следующим признакам: параметры высоты растений, количество выполненных зерен в ряду, количество рядов зерен в початке, величина озерненной части початка, длина початка, влажность зерна в период уборки, содержание клетчатки.

В результате проведенного статистического анализа выявлена взаимосвязь изучаемых признаков для модельной популяции. На 5%-м уровне вероятности выявлена достоверная корреляция у признаков (58 пар). Проведенная оценка вклада хозяйственно-ценных признаков на основе коэффициентов детерминации в формировании величины биологической урожайности зерна. Так, доля вклада признака в урожайность величиной 5,34 % приходится на продолжительность периода всходы–цветение женского соцветия початка, 2,78 % – всходы–цветение метелки, 9,88 % на величину растений, 9,59 % на высоту прикрепления початка, 3,59 % на массу 1000 зерен, 8,21 % на число зерен в женском соцветии початок, 9,59 % на число зерен в ряду, 6,70 % на число рядов зерен в початке, 8,21 – диаметр початка, 11,70 % – величину озерненной части початка, 10,47 % – длину початка, 1,23 % – уборочную влажность зерна, 0,94 % – уборочную влажность биомассы, 2,47 % – содержание протеина, 1,44 % – содержание жира, 0,94 % – содержание золы, 3,77 % – содержание клетчатки, 0,17 % – БЭВ. Для оптимизации интерпретации матрицы коэффициентов корреляции использовали факторный анализ (метод главных компонент).

Эффективность изучаемых факторов ниже 5 % не рассматривались в проведенном анализе. На первый фактор значительное влияние (42,98 %) оказали продолжительность межфазных периодов, параметры развития растений и структурные элементы початков. Параметры биохимического анализа семян различных генотипов кукурузы обусловили дисперсию величиной 15,33 % (второй фактор). Расчетные данные третьего фактора показали, что дисперсия определяется массой 1000 зерен. Параметры влажности зерна и биомассы в период созревания растений (уборки) отнесли к четвертому фактору. В ходе эксперимента выявили, что более 25 % дисперсии пятого фактора представлено содержанием клетчатки в зерне. Общая сумма незначительного влияния большинства анализируемых характеристик вошли в дисперсию шестого фактора (рисунок 4).





**Рисунок 4 – Зависимость между исходными переменными и вычисленными факторами: по горизонтали – признаки; по вертикали – факторные нагрузки**

**Figure 4 – Relationship between initial variables and calculated factors: horizontal – features; vertical – factor loadings**

**Заключение.** Оценка коллекции кукурузы с различными генотипами позволила выявить образцы, сформировавшие ряд хозяйственно-ценных признаков для создания новых объектов интеллектуальной собственности в засушливых условиях Нижнего Поволжья. Для создания высокорослых образцов рекомендуется использовать следующие генотипы кукурузы: к-906, к-909, к-1144 и к-1769. В целях увеличения урожайности зерна перспективными являются образцы к-1144, к-1460 и к-1798. Для повышения содержания протеина в зерне можно рассмотреть к-882, к-906, к-1058 и к-1144. Статистический анализ с использованием коэффициентов парной корреляции и детерминации позволил установить, что величина продуктивности изучаемых образцов в значительной степени (около 10 % от общего влияния) определяется определенными хозяйственно-ценными признаками.

Влияние оставшихся 14 факторов на урожайность составляет всего 0,17...8,21 %. Первые четыре гипотетических параметра вносят более 75 % в накопленную дисперсию, достигая 88,51 %, что почти полностью покрывает весь ряд изменчивости. Полученные результаты открывают возможности для оптимизации критериев оценки и отбора в процессе селекции кукурузы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойко В.Н., Хатефов Э.Б. Исходный материал для гибридной селекции кукурузы на многопочатковость из коллекции ВИР // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182. № 4. С. 27–35.
2. ГОСТ 13496.15-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания сырого жира. М., 1998. С. 3–6.
3. ГОСТ 13496.2-91. Корма, Комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения сырой клетчатки. М., 1992. С. 3–5.
4. ГОСТ 13496.4-2019. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. М., 2019. С. 5–10.
5. ГОСТ 26226-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой золы. М., 1996. С. 2–3.
6. Зайцев С.А., Жужукин В.И., Гудова Л.А., Волков Д.П., Гусева С.А., Носко О.С. Экологический подход в адаптированной системе селекции среднепоздних гибридов кукурузы (ФАО 300-399) в Нижнем Поволжье // Аграрный научный журнал. 2021. № 3. С. 19–24.
7. Кривошеев Г.Я., Шевченко Н.А., Игнатъев А.С. Результаты и перспективы селекции кукурузы в Аграрном научном центре «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2020. № 6(72). С. 32–38.
8. Массино А., Назаров Х., Азизов К. Исследования по селекции и семеноводству кукурузы // Актуальные проблемы современной науки. 2019. № 3(106). С. 141–143.
9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 2019. С. 147–157.
10. Оценка биохимического состава зерна кукурузы селекции РосНИИСК «Россорго» для дальнейшего использования в АПК / И. А. Сазонова [и др.] // АгроЭкоИнфо. 2021. № 6(48).



11. Разработка обогащенных экструзионных изделий из зерна гибридов кукурузы отечественной селекции / В. В. Мартиросян [и др.] // Хлебопечение России. 2021. № 6. С. 20–29.
12. Селекция новых гибридов кукурузы с пониженной уборочной влажностью зерна / А. В. Гульняшкин [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 85. С. 61–67.
13. Сотченко Е.Ф., Конарева Е.А. Селекция по созданию новых среднеранних гибридов сахарной кукурузы в условиях предгорной зоны Ставропольского края // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 4(30). С. 97–103.
14. Супрунов А.И., Петряков А.П., Перевязка Д.С., Терещенко А.А. Селекция раннеспелых гибридов кукурузы с быстрой отдачей влаги зерном при созревании // Рисоводство. 2019. № 4(45). С. 19–24.
15. Хатефов Э. Б., Хорева В. И., Керв Ю. А. Кукуруза: исходный материал китайского происхождения для селекции фуражной и пищевой кукурузы в Российской Федерации / Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова. СПб., 2020. 92 с. (Каталог мировой коллекции ВИР).

#### REFERENCES

1. Boyko V.N., Khatefov E.B. Source material for hybrid breeding of corn for multi-cob form from the VIR collection. Works on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2021;182(4):27–35.
2. GOST 13496.15-97. Feed, compound feed, compound feed raw materials. Methods for determining the content of crude fat. Moscow, 1998:3–6.
3. GOST 13496.2-91. Feed, compound feed, compound feed raw materials. Method for determining crude fiber. Moscow, 1992:3–5.
4. GOST 13496.4-2019. Feed, compound feed, compound feed raw materials. Methods for determination of nitrogen and crude protein content. Moscow, 2019:5–10.
5. GOST 26226-95. Feed, compound feed, compound feed raw materials. Methods for determination of crude ash. Moscow, 1996:2–3.
6. Zaitsev S.A., Zhuzhukin V.I., Gudova L.A., Volkov D.P., Guseva S.A., Nosko O.S. Ecological approach in the adapted system of selection of mid-late corn hybrids (FAO 300-399) in the Lower Volga region. Agrarian Scientific Journal. 2021;(3):19–24.
7. Krivosheev G.Ya., Shevchenko N.A., Ignatiev A.S. Results and prospects of corn breeding at the Donskoy Agrarian Scientific Center. Grain Economy of Russia. 2020;6(72):32–38.
8. Massino A., Nazarov H., Azizov K. Research on corn breeding and seed production. Actual problems of modern science. 2019;3(106):141-143.
9. Methodology of state variety testing of agricultural crops. Moscow, 2019:147–157.
10. Evaluation of the biochemical composition of corn grain bred by RosNIISK “Rossorgo” for further use in the agro-industrial complex / I.A. Sazonova et al. AgroEcoInfo. 2021;6(48).
11. Development of enriched extrusion products from grain of domestically bred corn hybrids / V. V. Martirosyan et al. Bread baking of Russia. 2021;(6):20–29.
12. Selection of new corn hybrids with reduced harvesting grain moisture / A. V. Gulnyashkin et al. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2020;(85):61–67.
13. Sotchenko E. F., Konareva E. A. Selection to create new mid-early hybrids of sweet corn in the conditions of the foothill zone of the Stavropol Territory. Agro-industrial Technologies of Central Russia. 2023;4(30): 97–103.
14. Suprunov A.I., Petryakov A.P., Perevyazka D.S., Tereshchenko A.A. Selection of early-ripening corn hybrids with rapid moisture release by grain during ripening. Rice Growing. 2019;4(45):19–24.
15. Khatefov E.B., Khoreva V.I., Kerv Yu.A. Corn: source material of Chinese origin for breeding fodder and food corn in the Russian Federation / Federal Research Center All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov. St. Petersburg, 2020. 92 p. (Catalog of the world collection of VIR).

*Статья поступила в редакцию 19.09.2024; одобрена после рецензирования 23.09.2024; принята к публикации 27.09.2024.  
The article was submitted 19.09.2024; approved after reviewing 23.09.2024; accepted for publication 27.09.2024.*

