

УДК 633.15:631.527.85

Научная статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-2-64-71

EDN: XQGVVK

## Анализ химического состава зерна белозерных гибридов кукурузы селекции ФГБНУ ВНИИ кукурузы

Л. А. Галговская, О. В. Теркина, А. Н. Романова

Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы  
357528, Россия, г. Пятигорск, ул. Ермолова, 14-о, пом. 1

**Аннотация.** В ФГБНУ ВНИИ кукурузы проводится селекционная работа по созданию перспективных белозерных гибридов кукурузы с улучшенным химическим составом зерна. В статье приведены результаты исследований белозерных гибридов кукурузы селекции ВНИИ кукурузы по химическому составу зерна: протеина (белка), масла, крахмала. Изучались образцы белозерных гибридов кукурузы разных групп спелости – 11 среднеранних и 6 среднеспелых, включая стандарты. В результате проведенных исследований отмечено, что зерно белозерных гибридов кукурузы отличается высоким содержанием крахмала. 75 % среднеранних белозерных гибридов содержат 68,5–72,1 % крахмала. По содержанию протеина в зерне заслуживают внимания всего лишь 8 % от общего числа изучаемых гибридов. Почти все экспериментальные гибриды имели среднее содержание масла 4,2–5,1 %. Гибриды среднеспелой группы спелости отличались высоким содержанием крахмала 68,7–72,9 % и низким уровнем протеина. Количество гибридов по среднему содержанию масла 4,2–5,1 % составило 83 % от общей численности гибридов. Анализ данных позволил выделить лучшие экспериментальные гибриды, сочетающие высокую урожайность с высоким содержанием крахмала. Среднеранний гибрид 280–11 содержит 72,1 % крахмала и среднеспелый 278–153 – 72,9 % при урожае 7–8 т/га. Определены перспективные белозерные гибриды кукурузы с повышенным содержанием основных пищевых нутриентов.

**Ключевые слова:** зерно, белозерные гибриды кукурузы, химический состав, протеин, масло, крахмал

Поступила 13.02.2024, одобрена после рецензирования 15.03.2024, принята к публикации 20.03.2024

**Для цитирования.** Галговская Л. А., Теркина О. В., Романова А. Н. Анализ химического состава зерна белозерных гибридов кукурузы селекции ФГБНУ ВНИИ кукурузы // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 2. С. 64–71. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-2-64-71

Original article

## Analysis of the chemical composition of grain of white grain corn hybrids bred by the Federal State Budgetary Institution All-Russian Research Institute of Corn

L.A. Galgovskaya, O.V. Terkina, A.N. Romanova

All-Russian Research Scientific Institute of Corn  
357528, Russia, Pyatigorsk, 14-o Ermolov street, building 1

**Abstract.** At the Federal State Budgetary Institution All-Russian Research Institute of Corn, breeding work is being carried out to create promising white-grain corn hybrids with an improved chemical composition of the grain. The article presents the results of studies of white grain corn hybrids bred by the

All-Russian Research Institute of Corn on the chemical composition of the grain: protein, oil, starch. Samples of white grain corn hybrids of different ripeness groups were studied – 11 mid-early and 6 mid-ripening, including standards. As a result of the research, it was noted that the grain of white corn hybrids is characterized by a high starch content. 75 % of mid-early white-grain hybrids contain 68.5–72.1 % of starch. In terms of protein content in grain, only 8 % of the total number of hybrids studied are worthy of attention. Almost all experimental hybrids had an average oil content of 4.2–5.1 %. Hybrids of the mid-ripening ripeness group were distinguished by a high starch content of 68.7–72.9 % and a low protein level. The number of hybrids with an average oil content of 4.2–5.1 % amounted to 83 % of the total number of hybrids. Data analysis made it possible to identify the best experimental hybrids that combine high yields with high starch content. The mid-early hybrid 280–11 contains 72.1 % starch and the mid-season 278–153 – 72.9 % with a yield of 7–8 t/ha. Promising white grain corn hybrids with increased content of basic nutritional nutrients have been identified.

**Keywords:** grain, white grain corn hybrids, chemical composition, protein, oil, starch

Submitted 13.02.2024,

approved after reviewing 15.03.2024,

accepted for publication 20.03.2024

**For citation.** Galgovskaya L.A., Terkina O.V., Romanova A.N. Analysis of the chemical composition of grain of white grain corn hybrids bred by the Federal State Budgetary Institution All-Russian Research Institute of Corn. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 2. Pp. 64–71. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-2-64-71

## ВВЕДЕНИЕ

Во многих странах мира зерно кукурузы используют в основном на корм скоту. В пищевой промышленности из зерна кукурузы производят крахмал, глюкозу, патоку, крупу, муку, кукурузные хлопья, кексы, мамалыгу. Продукты из кукурузы благодаря своему разнообразию, высокой калорийности, оригинальному вкусу популярны и востребованы потребителем. На российском рынке крахмалов и крахмалопродуктов более 80 % занимает кукурузный крахмал, который имеет ряд преимуществ по технологичности и качеству сырья [1–3]. По данным ФАО и CIMMYT – International Mais and Wheat Improvement Center, в мире ежегодно производится 65–70 т белозерной кукурузы при суммарном производстве желтого зерна более 900 млн т, т.е. примерное соотношение выращиваемой желтозерной и белозерной кукурузы составляет 1:13 [4].

Белозерная кукуруза используется исключительно на пищевые цели и составляет основу рациона для населения развивающихся стран, преимущественно Африки. В рамках научно-образовательной инициативы для стран Восточной Африки, разработанной Министерством образования и науки России, в 2018 году в Национальном центре зерна им. П. П. Лукьяненко была разработана и реализована программа по созданию позднеспелых сортолинейных белозерных и желтозерных гибридов кукурузы для стран Восточно-Африканского региона [5].

Национальные кухни большинства народов Северного Кавказа построены на основе использования муки и крупы из белозерной кукурузы. В связи с этим весьма актуальным является внедрение в производство наряду с желтозерными формами, используемыми на фураж, высокопродуктивных гибридов белозерной кукурузы.

Исследованиями отечественных технологов в середине XX века было установлено, что хорошим сырьем для получения кукурузной крупы, хлопьев, муки может служить именно белозерная кукуруза [6, 7]. Кремнистая белозерная кукуруза по качеству мало уступает лопающейся кукурузе, где в большом количестве присутствует стекловидный эндосперм, но значительно превосходит по урожайности.

Зерно белой кукурузы содержит легкоусвояемый растительный белок, обладает хорошими органолептическими качествами и содержит много полезных веществ, таких как кальций, хром, магний, селен, сера и витамины [8].

Химический состав кукурузы колеблется в зависимости от сорта и условий возделывания. Содержание белка в зерне сортов различных подвидов кукурузы колеблется от 6 до 21 %. Однако большинство сортов в мировой коллекции ВИР содержит в зерне в основном от 8,0 до 11 % белка. Самое высокое его содержание в зародыше – 14–26 %, в эндосперме – от 7 до 12 % [9].

Исследованиями установлено, что кукуруза по сравнению с другими зерновыми культурами имеет максимальное (73 %) количество углеводов в зерне. Наибольший выход крахмала – до 67 % от общего содержания сухого вещества в зерне – получают из зерна кукурузы зубовидного и полузубовидного типа, немного меньший из кремнистого. Кукуруза, используемая для выработки крахмала, должна иметь его высокое содержание и, следовательно, меньше белка и жира [10, 11].

Зерно кукурузы характеризуется наибольшим содержанием жира (3,5–7,0 %), который распределяется в зерновке неравномерно. Наибольшее количество жира (до 60 %) сконцентрировано в зародыше и только 0,61–0,73 % содержится в эндосперме [9]. Цель наших исследований – провести оценку продуктивных белозерных гибридов кукурузы по химическим показателям зерна, создать новые гибриды белозерной кукурузы разных групп спелости с улучшенным составом химических компонентов в зерне.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Научные исследования проведены на базе ВНИИ кукурузы в 2022–2023 гг. в предгорной зоне Ставропольского края. Объектом исследований служили новые перспективные белозерные гибриды селекции института разных групп спелости. В испытании двух лет исследований было изучено 314 простых белозерных гибридов (гибридных комбинаций). Для дальнейшей работы выбрано 15 наиболее продуктивных белозерных гибридов.

Гибриды кукурузы высевали на 2-рядковых делянках ( $S = 7,8 \text{ м}^2$  с густотой стояния на  $1 \text{ м}^2$  4–5 растений) в оптимальные сроки – с 20 апреля по 6 мая. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный мощный тяжелосуглинистый. Содержание физической глины в пахотном горизонте – 55,96 %, преобладает фракция ила – 31,0 %, мелкого песка – 21,69 %, крупной пыли – 21,32 %. По содержанию гумуса почвы являются малогумусированными. Агротехника возделывания включала вспашку (на глубину 23–25 см), весеннее боронование, культивацию. Уборку проводили вручную в фазе полной спелости (сентябрь – октябрь). Фенологические наблюдения и учеты проводились по общепринятой методике во всех питомниках [12]. Учет урожая – весовой по всем повторениям с последующим обмолотом и определением выхода и уборочной влажности зерна. Математическая обработка данных производилась методом дисперсионного анализа по методике Доспехова [13].

Погодные условия вегетационного периода кукурузы 2022–2023 гг. сложились благоприятно для роста и развития кукурузы, однако 2022 г. был более засушливым по сравнению с 2023 г. В 2022 г. за вегетационный период выпало 234,9 мм осадков, что на 50 мм ниже средней многолетней. 2023 г. был достаточно влажным – 322,4 мм, причем основная часть осадков прилась на май – июль, что создало благоприятные условия

для роста и развития кукурузы. По среднесуточной температуре воздуха существенных различий не было.

По результатам проведенного испытания заслуживают внимания 15 экспериментальных высокопродуктивных белозерных гибридов разных групп спелости. Стандартом в среднеранней группе выбрали гибрид Белозерный 250, а в среднепоздней – Белозерный 305. В изучаемых гибридах был проведен анализ по химическим показателям зерна. Определяли содержание хозяйственно ценных веществ (процент крахмала, протеина и масла) методом спектроскопии в ближней инфракрасной области с использованием анализатора «Инфра ЛЮМ ФТ-12» в зерне кукурузы. Для оценки материала по содержанию в нем химических веществ использовали справочник и шкалу Широкого унифицированного классификатора СЭВ и международного классификатора СЭВ видов *Zea mays L.* (Ленинград, 1997): содержание белка 8,0–10,4 % считается низким, 10,5–12,8 % – средним, 12,9–15,2 % – высоким, >15,2 % – очень высоким; масла 2,2–3,9 % – низким, 4,0–5,7 % – средним, 5,8–7,5 % – высоким, >7,5 % – очень высоким; крахмала 60,0–64 % – низким, 64,1–68,5 % – средним, >68,5 % – высоким [14, 11].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По результатам сортоиспытания белозерных гибридов кукурузы, полученных от топкроссных скрещиваний, выделены 10 лучших гибридных комбинаций в группе спелости ФАО 200 и 5 в группе ФАО 300. Урожай зерна 10 лучших гибридных комбинаций (табл. 1) варьирует в пределах от 6,2 т/га (276-120) до 8,7 т/га (280-5) при урожае стандарта 6,3 т/га. Содержание крахмала находится в пределах 64,7–72,1 %, протеина – от 7,9 (стандарт Белозерный 250) до 10,5 % (279-61) и масла – от 3,7 (274-74) до 5,1 % (278-38).

**Таблица 1.** Урожай зерна среднеранних белозерных гибридов и содержание химического состава зерна кукурузы, % (в среднем за 2022–2023 гг.)

**Table 1.** Grain yield of mid-early white grain hybrids and the content of the chemical composition of corn grain, % (average for 2022–2023)

Название	Урожай при 14 % влажности зерна, т/га	Уборочная влажность зерна, %	Индекс урожайности	Крахмал, %	Протеин, %	Масло, %
Белозерный 250, стандарт	6,3	15,6	4,1	70,3	7,9	4,3
280-5	8,7	14,9	5,8	69,1	9,9	5,1
279-61	7,9	15,5	5,1	65,8	10,5	4,6
273-58	7,7	15,9	4,9	71,3	8,5	4,2
274-74	7,5	15,3	4,9	71,4	8,0	3,7
280-11	7,2	13,2	5,5	72,1	8,3	4,4
280-7	7,2	14,9	4,8	71,3	8,2	4,0
278-40	6,6	13,3	5,0	64,7	10,1	4,4
278-38	6,4	12,8	5,1	66,4	9,2	5,1
280-10	6,4	15,2	4,2	69,1	9,8	4,7
276-120	6,2	12,2	5,1	68,5	10,2	4,8
НСР	0,6					

Изучение признака содержание крахмала в зерне кукурузы выявило 8 гибридов с высоким показателем. Это гибриды Белозерный 250, 280-5, 273-58, 274-74, 280-11, 280-7, 280-10 и 276-120. Самый высокий показатель протеина в данной группе у гибрида 279-61 (10,5 %), что согласно классификатору СЭВ отмечается как средний. Остальные гибриды имели низкие показатели белка (7,9–10,2 %). Среднее содержание масла (4,0–5,7 %) имели почти все гибриды данной группы спелости (исключение 274-74 с низким его содержанием 3,7 %).

Диапазон урожайности 5 лучших среднеспелых гибридных комбинаций (табл. 2) варьирует от 6,8 т/га (274-80) до 8,0 т/га (278-153) при урожае стандарта 7,2 т/га. Содержание хозяйственно ценных веществ варьировало в пределах: крахмал – от 68,7 до 72,9 %; протеин – от 8,1 до 9,6 % и масло – 2,9–5,1 %. Все гибриды данной группы выделяются по высокому содержанию крахмала (>68,5 %). Низкие показатели протеина (<10,4 %) были у всех выделившихся гибридов. По содержанию масла гибриды имели среднее значение (4,0–5,7 %), за исключением (278-153) с низким значением 2,9 %.

**Таблица 2.** Урожай зерна среднеспелых белозерных гибридов и содержание химического состава зерна кукурузы, % (в среднем за 2022–2023 гг.)

**Table 2.** Grain yield of mid-season white-grain hybrids and the content of the chemical composition of corn grain, % (average for 2022-2023)

Название	Урожай при 14 % влажности, т/га	Уборочная влажность, %	Индекс урожайности	Крахмал, %	Протеин, %	Масло, %
Белозерный 305, стандарт	7,2	15,9	4,6	70,6	8,7	4,2
278-153	8,0	21,4	3,7	72,9	8,2	2,9
275-109	7,6	16,0	4,7	71,0	8,1	4,6
277-140	7,1	13,0	5,5	70,3	8,8	4,5
276-125	7,1	15,3	4,6	69,5	9,0	4,4
274-80	6,8	14,9	4,6	68,7	9,6	5,1
НСР	0,8					

## ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований по химическим показателям зерна кукурузы высокое содержание крахмала (68,5–72,1 %) имели 75 % продуктивных белозерных гибридов среднеранней группы спелости: Белозерный 250, 280-5, 273-58, 274-74, 280-11, 280-7, 280-10 и 276-120. На долю белка (среднее содержание 10,5 %) приходится 8 % гибридов. Содержание масла (4,2–5,1 %) как средний показатель отмечен у 92 % белозерных гибридов. В среднеспелой группе все гибриды имели высокое содержание крахмала (68,7–72,9 %) и низкий уровень белка (протеина). По среднему содержанию масла (4,2–5,1 %) выделяется 83 % белозерных гибридов. Анализ данных позволил выделить лучшие экспериментальные гибриды, сочетающие высокую урожайность с высоким содержанием крахмала по химическому составу: 280-11 и 278-153.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аппаев С. П., Кагермазов А. В., Хачидогов М. Р. и др.* Хозяйственная ценность экспериментальных гибридов восковидной кукурузы // Материалы Международной научно-практической конференции «Стратегия, приоритеты и достижения в развитии земледелия и селекции сельскохозяйственных растений в Белорусии». 2022. С. 240–242.

2. Кузенко М. В., Ешугов А. Ш. Этапы работы по созданию сорта белозерной кукурузы Адыгейская // Материалы VII международной научно-практической онлайн-конференции «Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы». Майкоп, 2022. С. 114–117.

3. Шомахов Б. Р., Кагермазов А. М., Хачидогов А. В. Селекция кукурузы – состояние и перспективы развития в Институте сельского хозяйства КБНЦ РАН // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 3(101). С. 100–111. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-3-101-100-111

4. White Mais: a traditional food grain in developing countries. Rome: FAO-CIMMYT, 1997. 27 с.

5. Нижимбере Ж., Супрунов А. И. Селекция позднеспелых сортолинейных белозерных и желтозерных гибридов кукурузы для стран Восточной Африки // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 177. С. 58–70. DOI: 10.21515/1990-4665-177-005

6. Козьмина Е. П. Технологические свойства крупяных и зернобобовых культур. М.: ЦИНТИ Госкомзага, 1963. 293 с.

7. Смирнова-Иконникова М. И., Парамонов Ф. Ф. Химический состав зерна пищевой кукурузы // Кукуруза. 1963. № 6. С. 45–46.

8. Кузенко М. В. Кукуруза белозерная Адыгейская – сохраняя традиции // Новые технологии. 2022. Т. 18. № 1. С. 122–128.

9. Шмараев Г. Е. Генофонд и селекция кукурузы. Санкт-Петербург, 1999. С. 294–296, 269–272.

10. Жушман А. И., Карпов В. Г. Перспективное сырье // Кукуруза и сорго. 1993. № 5. С. 2–3.

11. Сотченко Ю. В., Галговская Л. А., Теркина О. В., Жиркова Е. В. Оценка белозерных линий кукурузы по химическим показателям зерна // Кукуруза и сорго. 2018. № 2. С. 9–13.

12. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос. 1985. 250 с.

13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

14. Скурихина И. М., Тутельяна В. А. Химический состав российских пищевых продуктов: справочник. М.: ДеЛи принт, 2002. 236 с.

## REFERENCES

1. Appaev S.P., Kagermazov A.V., Khachidogov M.R. et al. Economic value of experimental hybrids of waxy corn. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Strategiya, priority i dostizheniya v razvitii zemledeliya i seleksii sel'skokhozyaystvennykh rasteniy v Belarusii»* [Materials of the International scientific and practical conference “Strategy, priorities and achievements in the development of agriculture and selection of agricultural plants in Belarus”]. 2022. Pp. 240–242. (In Russian)

2. Kuzenko M.V., Yeshugov A.Sh. Stages of work on creating the Adygei white corn variety. *Materialy VII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy onlayn-konferentsii «Nauka, obrazovaniye i innovatsii dlya APK: sostoyaniye, problemy i perspektivy»* [Materials of the VII International scientific and practical online conference “Science, education and innovation for the agro-industrial complex: status, problems and prospects”]. Maykop, 2022. Pp. 114–117. (In Russian)

3. Shomakhov B.R., Kagermazov A.M., Khachidogov A.V. Corn breeding – state and prospects of development in the agricultural institute of the KBSC of RAS. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2021. No. 3(101). Pp. 100–111. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-3-101-100-111. (In Russian)
4. White Mais: a Traditional Food Grain in Developing Countries. FAO-CIMMYT. 1997.
5. Nizhimbere Zh., Suprunov A.I. Selection of late-ripening varietal linear white-grain and yellow-grain corn hybrids for the countries of East Africa. *Politematicheskiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University]. 2022. No. 177. Pp. 58–70. DOI: 10.21515/1990-4665-177-005. (In Russian)
6. Kozmina E.P. *Tekhnologicheskiye svoystva krupyanykh i zernobobovykh kul'tur* [Technological properties of cereals and leguminous crops]. Moscow: TsINTI Goskomzaga. 1963. 293 p. (In Russian)
7. Smirnova-Ikonnikova M.I., Paramonov F.F. Chemical composition of edible corn grain. *Kukuruza* [Corn]. 1963. No. 6. Pp. 45–46. (In Russian)
8. Kuzenko M.V. White grain Adyghe corn – preserving traditions. *Novyye tekhnologii* [New technologies]. 2022. T. 18. No. 1. Pp. 122–128. (In Russian)
9. Shmaraev G.E. *Genofond i selektsiya kukuruzy* [Gene pool and selection of corn]. St. Petersburg, 1999. Pp. 294–296, 269–272. (In Russian)
10. Zhushman A.I., Karpov V.G. Promising raw materials. *Kukuruza i sorgo* [Corn and sorghum]. 1993. No. 5. Pp. 2–3. (In Russian)
11. Sotchenko Yu.V., Galgovskaya L.A., Terkina O.V., Zhirkova E.V. Evaluation of white grain lines of corn based on chemical parameters of grain. *Kukuruza i sorgo* [Corn and sorghum]. 2018. No. 2. Pp. 9–13. (In Russian)
12. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Methodology for state variety testing of agricultural crops]. Moscow: Kolos, 1985. 250 p. (In Russian)
13. Dosphehov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Methodology of field experience]. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russian)
14. Skurikhina I.M., Tutelyana V.A. *Khimicheskiy sostav rossiyskikh pishchevykh produktov: spravochnik* [Chemical composition of Russian food products]: a reference book. Moscow: DeLi print, 2002. 236 p. (In Russian)

### Информация об авторах

**Галговская Людмила Анатольевна**, ст. науч. сотр. отдела селекции, Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы;

357528, Россия, г. Пятигорск, ул. Ермолова, 14-о, пом. 1;

e-m252@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3990-0220>

**Теркина Ольга Валентиновна**, ст. науч. сотр. отдела селекции, Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы;

357528, Россия, г. Пятигорск, ул. Ермолова, 14-о, пом. 1;

kukuruza.ekologiya.14@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4733-5719>

**Романова Анна Николаевна**, мл. науч. сотр. отдела селекции, Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы;

357528, Россия, г. Пятигорск, ул. Ермолова, 14-о, пом. 1;

selektsiya.kukuruza@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7337-7093>

**Information about the authors**

**Lyudmila A. Galgovskaya**, Senior Researcher at the Department of Selection, All-Russian Research Scientific Institute of Corn;

357528, Russia, Pyatigorsk, 14-o Ermolov street, building 1;

e-m252@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3990-0220>

**Olga V. Terkina**, Senior Researcher at the Department of Selection, All-Russian Research Scientific Institute of Corn;

357528, Russia, Pyatigorsk, 14-o Ermolov street, building 1;

kukuruza.ekologiya.14@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4733-5719>

**Anna N. Romanova**, Junior Researcher at the Department of Selection, All-Russian Research Scientific Institute of Corn;

357528, Russia, Pyatigorsk, 14-o Ermolov street, building 1;

selektsiya.kukuruza@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7337-7093>