

Лебедева Людмила Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Почвоведение и общая биология» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), ORCID iD: 0009-0007-5522-9012, e-mail: ludm.lebedeva2010@yandex.ru

Author's Information

Sachivko Tatiana Vladimirovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate professor, Doctorate of the Department of the Plant Biology and Chemistry, Belarusian State Agricultural Academy (Republic of Belarus, 213407, Gorki, Michurina str., 5), <https://orcid.org/0000-0001-9707-8215>, e-mail: sachivka@rambler.ru

Bosak Viktor Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Life Safety, Belarusian State Agricultural Academy (Republic of Belarus, 213407, Gorki, Michurina str., 5), <https://orcid.org/0000-0001-7197-2315>, e-mail: bosak1@tut.by

Egorova Galina Sergeevna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Soil Science and General Biology, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky av., 26), e-mail: egorova.g.s.2022@gmail.com

Ryadnov Alexey Ivanovich, Honored worker of the higher school of the Russian Federation, doctor of agricultural Sciences, Professor of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd State Agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, 26 Universitetskiy Ave.), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Lebedeva Lyudmila Vladimirovna, Assistant Professor at the Department of Soil Science and General Biology, Volgograd State Agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, 26 Universitetskiy Ave.), ORCID: 0009-0007-5522-9012, e-mail: ludm.lebedeva2010@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-16

ASSESSMENT OF THE BIOLOGICAL VALUE OF SORGHUM GRAIN PROTEIN OF DIFFERENT VARIETIES

L. F. Syrkina¹, O. N. Antimonova¹, O. A. Malakhova², Y. Y. Nikonorova¹

¹*Volga Research Institute of Selection and Seed Production named after P. N. Konstantinov – branch of the Federal State Budgetary Institution of Science Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences*

Ust-Kinelsky, Kinel, Samara region, Russian Federation

²*Samara State Agrarian University*

Kinel, Samara region, Russian Federation

Corresponding author E-mail: antimonovaolga@list.ru

Received 21.06.2023

Submitted 20.06.2023

The research was carried out within the framework of the Program of Fundamental Scientific Research of the Russian Academy of Sciences FMRW-2022-0019 (state registration No. 122032200042-8) of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation on the topic "Scientific basis for the creation of new varieties of cereals, grain fodder and sorghum crops, with complex resistance to bio and abiotic stressors, with high economically valuable traits, ensuring stable yields in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region"

Summary

The article presents experimental data on the assessment of the biological value of the protein of sorghum grain of different varieties. The highest biological value of sorghum grain protein is possessed by the Derzhavnoye variety (72.3%). This variety is the most balanced in amino acid composition compared to other varieties. The biological value of the varieties Slavyanka (70.5%) and Vera (67.5%) is slightly lower. Lower – in the varieties Yelenushka (64.2%) and Kinelskoye 63 (62.7%).

Abstract

Introduction. When creating and evaluating new varieties and hybrids of any agricultural crop, one of the indicators of economically valuable traits is the content and quality of protein in grain, which is used for food purposes and in animal feeding. The content of crude protein in sorghum grain varies between 10.0-

17.0%. Moreover, the sorghum grain protein contains 8 essential and 10 non-essential amino acids, which form the fundamental basis for the metabolism in the body. There are significant differences between cultivars in the amino acid profile in sorghum grain protein. Therefore, the identification of genotypes and the establishment of the nutritional value of sorghum grain of different varieties for human and animal health by analyzing the physicochemical composition of grain and determining the composition of amino acids is an integral part of the breeding process. **Object.** Samples of sorghum grain varieties Slavyanka, Kinelskoe 63, Elenushka, Vera and Derzhavnoe were used as experimental material. **Materials and methods.** The research was carried out in 2018 - 2020 at two scientific bases: the Volga NIISS – a branch of the Sam Scientific Center of the Russian Academy of Sciences and the Samara State Agrarian University. The protein content was calculated by the Kjeldahl method. The amino acid composition of the sorghum grain protein was determined by the KAPEL 105M capillary electrophoresis system. **Results and conclusions.** According to the protein content in the grain, the sorghum varieties studied were distributed in the following order from smaller to larger: Kinel'skoe 63 → Elenushka → Vera → Slavyanka → Derzhavnoe. During the research, it was found that 8 essential and 10 interchangeable amino acids were identified in the studied samples of sorghum grain. The amino acid composition of sorghum protein is in a slight deficit from the reference egg protein recommended by FAO/WHO for all varieties: Vera – by 8.8%, Kinel'skoe 63 – 9.8%, Elenushka – 25.5%, Slavyanka – 33.7% and Derzhavnoe – 39.6%. The highest biological value of sorghum grain protein is possessed by the Derzhavnoe variety (72.3%). This variety is the most balanced in amino acid composition compared to other varieties. The biological value of the Slavyanka (70.5%) and Vera (67.5%) varieties is slightly lower. The Elenushka (64.2%) and Kinel'skoe 63 (62.7%) varieties have a lower biological value.

Key words: grain sorghum, *Sorghum bicolor*, reference protein, sorghum grain, biological value of grain protein.

Citation: Syrkina L. F., Antimonova O. N., Malakhova O. A., Nikonorova Yu. Yu. Assessment of the biological value of sorghum grain protein of different varieties. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 4(72). 159-168. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-16.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.3:174.4

ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ БЕЛКА ЗЕРНА СОРГО ЗЕРНОВОГО РАЗНЫХ СОРТОВ

Л. Ф. Сыркина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
О. Н. Антимонова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
О. А. Малахова², кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий ИНИЛ
Ю. Ю. Никонова¹, младший научный сотрудник

¹Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства имени П. Н. Константинова пгт. Усть-Кинельский, г. Кинель, Самарская обл., Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет» г. Кинель, Самарская обл., Российская Федерация

Исследования проведены в рамках выполнения Государственного задания по теме: «Научные основы создания новых сортов крупяных, зернофуражных и сорговых культур, с комплексной устойчивостью к био и абиострессорам, с высокими хозяйственно ценными признаками, обеспечивающих получение стабильных урожаев в условиях лесостепи Среднего Поволжья». (FMRW-2022-0019) номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР 1021032424537-6-4.1.6

Актуальность. При создании и оценке новых сортов и гибридов любой сельскохозяйственной культуры одним из показателей хозяйственно-ценных признаков является содержание и качество белка в зерне, которое используется на продовольственные цели и в кормлении жи-

вотных. Содержание сырого протеина в зерне сорго варьируется в пределах 10,0-17, 0 %. При этом белок зерна сорго содержит 8 незаменимых и 10 заменимых аминокислот, которые составляют фундаментальную основу для обмена веществ в организме. Существуют значительные различия между сортами по аминокислотному профилю в белке зерна сорго. Поэтому выявление генотипов и установление пищевой ценности зерна сорго разных сортов для здоровья человека и животных путем анализа физико-химического состава зерна и определения состава аминокислот является неотъемлемой частью селекционного процесса. **Объект.** В качестве экспериментального материала использовали образцы зерна сорго зернового сортов Славянка, Кинельское 63, Еленушка, Вера и Державное. **Материалы и методы.** Исследования проводились в 2018 – 2020 годах на двух научных базах: Поволжском НИИСС – филиале СамНЦ РАН и ФГБОУ ВО Самарском ГАУ. Содержание белка вычисляли методом Къельдаля. Аминокислотный состав белка зерна сорго зернового определяли системой капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ 105М». **Результаты и выводы.** По содержанию белка в зерне исследуемые сорта сорго были распределены в следующем порядке от меньшего к большему: Кинельское 63 → Еленушка → Вера → Славянка → Державное. В исследуемых образцах зерна сорго были определены 8 незаменимых и 10 заменимых аминокислот. Аминокислотный состав белка сорго находится в незначительном дефиците от эталонного белка куриного яйца, рекомендованного ФАО/ВОЗ по всем сортам: Вера – на 8,8 %, Кинельское 63 – 9,8 %, Еленушка – 25,5 %, Славянка – 33,7 % и Державное – 39,6 %. Наивысшей биологической ценностью белка зерна сорго зернового обладает сорт Державное (72,3 %). Этот сорт наиболее сбалансирован по аминокислотному составу по сравнению с остальными сортами. Несколько ниже биологическая ценность у сортов Славянка (70,5 %) и Вера (67,5 %). Более низкая биологическая ценность у сортов Еленушка (64,2 %) и Кинельское 63 (62,7 %).

Ключевые слова: сорго зерновое, *Sorghum bicolor*, эталонный белок, зерно сорго, биологическая ценность белка зерна.

Цитирование. Сыркина Л. Ф., Антимонова О. Н., Малахова О. А., Никонорова Ю. Ю. Оценка биологической ценности белка зерна сорго зернового разных сортов. *Известия НВ АУК*. 2023. 4(72). 159-168. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-16.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. При создании и оценке новых сортов и гибридов любой сельскохозяйственной культуры одним из показателей хозяйственно-ценных признаков является содержание и качество белка в зерне, которое используется на продовольственные цели и в кормлении животных. Ценность белка в зерне для питания живого организма определена двумя основными параметрами: его сбалансированностью по содержанию незаменимых аминокислот (НАК) и отношению к белковому эталону. Аминокислоты – конечный продукт расщепления белка в пищеварительном тракте. Они играют важную роль в обмене веществ, многие из них служат активаторами ферментов и витаминов [1, 2].

Зерновое сорго в России до сих пор считается нетрадиционной зерновой культурой и остается не полностью использованным ресурсом, хотя по химическому составу и энергетической питательности приравнивается к кукурузе [3] и является ценным кормом для птиц и животных. За рубежом сорго входит в пятерку лучших зерновых культур и является одной из ключевых культур в глобальных усилиях по обеспечению продовольственной безопасности [4]. Содержание сырого протеина в зерне сорго варьируется в пределах 10,0 – 17, 0 %. При этом белок зерна сорго содержит 8 незаменимых и 10 заменимых аминокислот, которые составляют фундаментальную основу для обмена веществ в организме [5-7]. Существуют значительные различия между сортами по аминокислотному профилю в белке зерна сорго. Рос-

сийскими и зарубежными учеными установлены разные уровни аминокислот в белке сорго разных сортов. Лейцин, изолейцин и фенилаланин были обнаружены на более высоких уровнях, лизин и метионин – на более низком, чем другие аминокислоты, в другом случае первой и второй лимитирующими кислотами были метианин и цистин соответственно (Ebadí M. R., 2005) [8-10]. Поэтому выявление генотипов и установление пищевой ценности зерна сорго разных сортов для здоровья человека и животных путем анализа физико-химического состава зерна и определения состава аминокислот является неотъемлемой частью селекционного процесса. Образцы с высоким содержанием белка или содержанием аминокислот и увеличенной доли в них незаменимых аминокислот могут использоваться в программах селекции сорго для повышения питательной ценности зерна.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2018-2020 годах на двух научных базах: Поволжском научно-исследовательском институте селекции и семеноводства имени П. Н. Константинова – филиала Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук (Поволжский НИИСС – филиал СамНЦ РАН) и Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Самарского государственного аграрного университета» (ФГБОУ ВО Самарский ГАУ). Объектом исследования служили оригинальные семена сортов зернового сорго Славянка, Кинельское 63, Еленушка, Вера и Державное. В качестве стандарта использовали сорт Славянка.

Содержание белка вычисляли методом Къельдаля (ГОСТ 10846 – 91). Аминокислотный состав белка зерна сорго зернового определяли системой капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ 105М»: незаменимые аминокислоты – лизин, лейцин и изолейцин (в сумме), метионин, фенилаланин, триптофан, валин, треонин; заменимые – цистин, тирозин, аланин, аргинин, гистидин, глицин, пролин, серин, аспарагин, глутамин (ГОСТ Р 55569 – 2013) [11].

Биологическую ценность белка (БЦ) рассчитывали на основании Рекомендаций по определению биологической ценности белка сельскохозяйственных культур (2005 г.) методом «аминокислотного сора» (scor – счёт, подсчёт), который показывает процентное отношение незаменимых аминокислот (НАК) в белке сорго к их содержанию в «идеальном белке» куриного яйца (эталон, аминокислотная шкала ФАО/ВОЗ).

Расчет «аминокислотного сора» проводили по формуле:

$$\text{Аминокислотный скор} = \frac{\text{мг АК в 1 г исследуемого белка}}{\text{мг АК в 1 г идеального белка}} \times 100 \% \quad (1)$$

Избыточное количество незаменимых аминокислот, не используемых организмом, отражает коэффициент различия аминокислотного сора (КРАС), который рассчитывают по формуле:

$$\text{КРАС} = \frac{\sum_j^N = \Delta \text{РАс}}{n}, \quad (2)$$

где $\Delta \text{РАс}$ – различия аминокислотного сора аминокислоты; n – количество аминокислот.

Величина биологической ценности белка определяется по формуле:

$$\text{БЦ} = 100 - \text{КРАС},$$

где БЦ – биологическая ценность белка, %.

Результаты и обсуждение. Экспериментальные данные о содержании белка и его аминокислотного состава в зерне сорго зернового отображены в таблице 1. Содержание белка варьирует в пределах 8,91 (Кинельское 63) – 10,98 % (Державное). По этому показателю исследуемые нами сорта сорго мы распределили в следующем порядке от меньшего к большему: Кинельское 63 → Еленушка → Вера → Славянка → Державное.

Таблица 1 – Содержание белка и его аминокислотный состав в зерне сорго зернового разных сортов, среднее за 2018-2020 гг.

Table 1 – Protein content and its amino acid composition in sorghum grain of different varieties, average 2018-2020

Показатели	Славянка (стандарт)	Кинельское 63	Еленушка	Вера	Державное
Белок, %	10,79	8,91	10,38	10,62	10,98
НСР ₀₅ = 1,14					
Незаменимые аминокислоты, г/кг зерна					
Лизин	1,5	1,7	1,4	2,0	1,1
Треонин	1,6	2,1	1,6	2,6	1,2
Метионин	0,7	1,2	1,0	1,5	0,9
Валин	2,9	3,9	3,0	4,2	2,7
Лейцин + Изолейцин	12,2	13,4	13,6	15,8	11,4
Фенилаланин	3,8	3,2	3,7	4,3	3,1
Триптофан	0,5	0,6	0,8	1,0	1,1
Сумма	23,2	26,1	25,1	31,4	21,5
Заменимые аминокислоты, г/кг зерна					
Аланин	4,4	6,7	4,4	7,0	3,9
Аргинин	4,8	3,8	5,1	4,8	4,7
Аспарагиновая кислота	6,8	7,2	8,8	8,4	8,7
Гистидин	1,4	1,3	1,1	1,9	9,0
Глицин	2,0	2,9	2,0	2,9	1,8
Глутаминовая кислота	18,7	19,0	25,9	23,2	21,3
Пролин	6,3	6,9	6,0	7,2	6,2
Серин	1,8	2,9	2,0	3,4	1,9
Тирозин	1,7	2,2	2,0	2,3	2,1
Цистеин	0,6	0,5	0,8	0,9	0,8
Сумма	48,5	53,4	58,1	62,0	60,4
Общая сумма аминокислот	71,7	79,5	83,2	93,4	81,9

Но при оценке сортов сорго и полученной из них продукции учитывают не только количественное содержание белка, но и его качество – биологическую ценность, которая напрямую зависит от аминокислотного состава. Особое внимание заслуживают незаменимые аминокислоты, которые не синтезируются организмом и поступают в него только с пищей. В исследуемых образцах зерна сорго были обнаружены и количественно определены 8 незаменимых: Лизин, Треонин, Метионин, Валин, Лейцин + Изолейцин, Фенилаланин, Триптофан и 10 заменимых аминокислот.

Лидирующая позиция по наибольшей сумме всех аминокислот и массовой доле незаменимых аминокислот по отношению ко всем аминокислотам в зерне испытуемых сортов сорго была отмечена у сорта Вера (93,4 г/кг зерна и 33,6 % соответственно).

Анализ содержания и соотношения отдельных незаменимых аминокислот показал, что больше всего в белке сорго у всех сортов таких аминокислот, как лейцин и изолейцин в сумме. На их долю в зерне сорго приходится 11,4 (Державное) – 15,8 (Вера) г/кг зерна, или 53,0 – 50,3 % соответственно от суммы незаменимых аминокислот. При определении аминокислотного состава в белке зачастую проводят суммирование аминокислот (лейцин + изолейцин) вследствие того, что в живом организме происходит трансформация лейцина в изолейцин [12].

Анализ содержания и соотношения отдельных заменимых аминокислот показал, что больше всего в белке сорго у всех сортов таких аминокислот, как аспарагиновая и глутаминовая кислота. На их долю в зерне сорго приходится 7,2 (Кинельское 63) – 8,8 (Еленушка) и 18,7 (Славянка) – 25,9 (Еленушка) г/кг зерна, или 9,1–10,6 % и 26,1 – 31,1 % соответственно от суммы заменимых аминокислот.

В результате сравнительного анализа аминокислотного состава белка зерна сорго с аминокислотной шкалой эталонного белка куриного яйца, рекомендованного ФАО/ВОЗ, было выявлено, что аминокислотный состав белка сорго находится в значительном дефиците по всем сортам: Вера – на 8,8 %, Кинельское 63 – 9,8 %, Еленушка – 25,5 %, Славянка – 33,7 % и Державное – 39,6 % (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание незаменимых аминокислот в белке зерна сорго разных сортов, мг/г белка, среднее 2018-2020 гг.

Table 2 – The content of essential amino acids in the protein of sorghum grain of different varieties, mg / g of protein, average 2018-2020

Аминокислоты	НАК в эталонном белке (ФАО/ВОЗ)	Сорт				
		Славянка (стандарт)	Кинель- ское 63	Еленушка	Вера	Державное
Лизин	55	13,9	19,1	13,5	18,8	10,0
Треонин	40	14,8	23,6	15,4	24,5	10,9
Метионин	24	6,5	13,5	9,6	14,1	8,2
Валин	50	26,9	42,8	28,8	39,5	24,6
Лейцин + Изолейцин	110	112,9	150,5	130,7	148,7	103,8
Фенилаланин	35	35,2	36,0	35,6	40,5	28,2
Триптофан	10	4,6	6,7	7,7	9,4	10,0
Сумма	324,0	214,8	292,2	241,3	295,5	195,7

Наряду с дефицитом незаменимых аминокислот наблюдается их несбалансированность по всем сортам. Избыточное количество незаменимой аминокислоты лейцин + изолейцин относительно эталонного белка отмечается у сортов Славянка (на 2,9 мг/г белка), Кинельское 63 (40,5 мг/г белка), Еленушка (20,7 мг/г белка) и Вера (на 38,7 мг/г белка). На их долю, в зависимости от сорта, приходится 102,6 – 136,8 % от эталонного белка.

Метод аминокислотного сгора позволяет оценить не только соответствие незаменимых аминокислот к эталонному белку куриного яйца, но и выяснить степень их сбалансированности по наличию лимитирующих аминокислот (таблица 3).

Исследования показали, что первой лимитирующей незаменимой аминокислотой у всех сортов сорго зернового является лизин у всех сортов: Славянка (АКС – 25,3 %), Кинельское 63 (АКС – 34,7 %), Еленушка (АКС – 24,5 %), Вера (АКС – 34,2 %), Державное (АКС – 18,2 %).

Второй лимитирующей незаменимой аминокислотой у сортов Славянка, Кинельское 63 и Еленушка является метионин (АКС – 27,1, 56,3 и 40,0 % соответственно), у сортов Вера и Державное – фенилаланин (АКС – 36,8 и 25,6 %). Третья лимитирующая

щая незаменимая аминокислота у сортов Славянка, Кинельское 63 и Державное – треонин (АКС – 37,0, 59,0 и 27,3 % соответственно), у сортов Еленушка и Вера – метионин (АКС – 40,0 и 58,8 %).

Таблица 3 – Биологическая ценность белка зерна сорго зернового разных сортов, среднее 2018-2020 гг.

Table 3 – Biological value of protein of sorghum grain of different varieties, average 2018-2020

НАК	Сорт									
	Славянка (стандарт)		Кинельское 63		Еленушка		Вера		Державное	
	АКС, %	ΔРАС	АКС, %	ΔРАС	АКС, %	ΔРАС	АКС, %	ΔРАС	АКС, %	ΔРАС
Лизин	25,3*	0	34,7*	0	24,5*	0	34,2*	0	18,2*	0
Треонин	37,0	11,7	59,0	24,3	38,5	14,0	61,3	27,1	27,3	9,1
Метионин	27,1	1,8	56,3	21,6	40,0	15,5	58,8	24,6	34,2	16,0
Валин	53,8	28,5	85,6	50,9	57,6	33,1	79,0	44,8	49,2	31,0
Лейцин + Изолейцин	102,6	77,3	136,8	102,1	118,8	94,3	135,2	101,0	94,4	76,2
Фенилаланин	100,6	75,3	102,9	67,4	101,7	77,2	36,8	2,6	25,6	7,4
Триптофан	67,0	41,7	67,0	32,3	77,0	52,5	94,0	59,8	100,0	81,7
ΣΔРАС	-	236,3	-	298,6	-	286,6	-	259,9	-	221,4
КРАС	-	29,5	-	37,3	-	35,8	-	32,5	-	27,7
БЦ белка	-	70,5	-	62,7	-	64,2	-	67,5	-	72,3

* – первая лимитирующая незаменимая аминокислота

Отклонение аминокислотного сора незаменимой аминокислоты от 100 % как в меньшую, так и в большую сторону, является нежелательным в связи с невозможностью использования ее организмом в полной мере. Только в одном сорте Державное аминокислотный сора триптофана относится к «идеальному белку».

Поэтому, для оценки биологической ценности белков используют коэффициент различия аминокислотного сора (КРАС). Чем этот показатель меньше, тем больше биологическая ценность и выше качество белка. В связи с полученными исследованиями установлено, что из-за нарушения количественного соотношения незаменимых аминокислот по отношению к эталону, КРАС белка зерна сорта Славянка составляет 29,5 %, Кинельское 63 – 37,3 %, Еленушка – 35,8 %, Вера – 32,5 % и Державное – 27,7 %.

С учетом коэффициента аминокислотного сора результаты исследований показывают, что наивысшей биологической ценностью белка зерна сорго зернового обладает сорт Державное (72,3 %). Этот сорт наиболее сбалансирован по аминокислотному составу по сравнению с остальными сортами. Несколько ниже биологическая ценность у сортов Славянка (70,5 %) и Вера (67,5 %). Более низкая биологическая ценность у сортов Еленушка (64,2 %) и Кинельское 63 (62,7 %).

Выводы. По содержанию белка в зерне исследуемые сорта сорго были распределены в следующем порядке от меньшего к большему: Кинельское 63 → Еленушка → Вера → Славянка → Державное.

В ходе исследований установлено, что в исследуемых образцах зерна сорго были определены 8 незаменимых и 10 заменимых аминокислот. Аминокислотный состав белка сорго находится в незначительном дефиците от эталонного белка куриного яйца, рекомендованного ФАО/ВОЗ по всем сортам: Вера – на 8,8 %, Кинельское 63 – 9,8 %, Еленушка – 25,5 %, Славянка – 33,7 % и Державное – 39,6 %.

Наивысшей биологической ценностью белка зерна сорго зернового обладает сорт Державное (72,3 %). Этот сорт наиболее сбалансирован по аминокислотному составу по сравнению с остальными сортами. Несколько ниже биологическая ценность у сортов Славянка (70,5 %) и Вера (67,5 %). Более низкая биологическая ценность у сортов Еленушка (64,2 %) и Кинельское 63 (62,7 %).

Conclusions. According to the protein content in the grain, the sorghum varieties studied were distributed in the following order from smaller to larger: Kinel'skoe 63 → Elenushka → Vera → Slavyanka → Derzhavnoe.

During the research, it was found that 8 essential and 10 interchangeable amino acids were identified in the studied samples of sorghum grain. The amino acid composition of sorghum protein is in a slight deficit from the reference egg protein recommended by FAO/WHO for all varieties: Vera – by 8.8%, Kinel'skoe 63 – 9.8%, Elenushka – 25.5%, Slavyanka – 33.7% and Derzhavnoe – 39.6%.

The highest biological value of sorghum grain protein is possessed by the Derzhavnoe variety (72.3%). This variety is the most balanced in amino acid composition compared to other varieties. The biological value of the Slavyanka (70.5%) and Vera (67.5%) varieties is slightly lower. The Elenushka (64.2%) and Kinel'skoe 63 (62.7%) varieties have a lower biological value.

Библиографический список

1. Николаев С. И., Карапетян А. К., Плешакова И. Г., Струк М. В. Сравнительный химический состав и питательная ценность зерна кукурузы и сорго. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 293-302.
2. Isticioaia S.-F., Leonte A., Popa L.-D. et. al. Sorghum bicolor (L.) Moench. Plant for the future in Moldavia agriculture (Romania) and for the human nutrition: 9th International Conference on Thermal Equipments, Renewable Energy and Rural Development. 2020. V. 180.
3. Кабылда А. И., Мыктабаева А. С., Серикбай Г. С. и др. Изучение аминокислотного состава различных видов безглютеновой муки. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3 (67). С. 153-161.
4. Ciampitti I. A., Prasad P. V. Sorghum: State of the Art and Future Perspectives. Agriculture & Ecology. 2020. 528 p.
5. Hassan S. M. Nutritional, Functional and Bioactive Properties of Sorghum (Sorghum Bicolor I. Moench) with its Future Outlooks: Nutr Food Sci. 2023. № 5 (1). V. 1030. Pp. 15-20.
6. Серебренникова Е. С., Анисимова Л. В., Попов Е. В., Земеров А. Е. Качество зернового сорго. Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: материалы XX междунар. науч.-практ. конф. 2019. С. 308-310.
7. Сыркина Л. Ф., Косых Л. А., Антимонов А. К., АнтимONOва О. Н. Новый раннеспелый сорт сорго зернового Державное. Зерновое хозяйство России. 2020. № 3 (69). С. 58-60.
8. Капустин С. И., Володин А. Б., Капустин А. С. Оценка исходного материала и наследование хозяйственно ценных признаков зернового сорго. Известия Оренбургского гос. аграрного ун-та. 2019. № 3 (77). С. 83-86.
9. Mofokeng M. A., Shimelis B. H., Tongoona P., Laing M. D. Protein content and amino acid composition among selected South African sorghum genotypes. Food Chem. Nutr. 2018. No 06 (01). Pp. 1-12.
10. Алабушев А. В., Ковтунов В. В., Костылев П. И., Ковтунова Н. А., Кравченко Н. С. Особенности наследования лизина у гибридов второго поколения зернового сорго. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 21. № 3. С. 273-282.
11. Езерская А. А., Пивовар М. Л. Капиллярный электрофорез: основные принципы, применение в фармацевтическом анализе. Вестник фармации. 2019. № 1 (83). С. 35-44.
12. Ломова В. В., Сенова О. Д., Былкова А. Р. Химия пищи: белки, жиры и углеводы. Научные исследования молодых учёных: материалы XXI междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. Пенза, 2022. С. 17-20.

References

1. Nikolaev S. I., Karapetyan A. K., Pleshakova I. G., Struk M. V. Comparative chemical composition and nutritional value of corn and sorghum grains. Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education. 2018. № 2 (50). Pp. 293-302.

2. Isticioaia S.-F., Leonte A., Popa L.-D. et. al. Sorghum bicolor (L.) Moench. Plant for the future in Moldavia agriculture (Romania) and for the human nutrition: 9th International Conference on Thermal Equipments, Renewable Energy and Rural Development. 2020. V. 180.
3. Kabylda A. I., Myktaeva A. S., Serikbai G. S., etc. Study of the amino acid composition of various types of gluten-free flour. Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education. 2022. № 3 (67). Pp. 153-161.
4. Ciampitti I. A., Prasad P. V. Sorghum: State of the Art and Future Perspectives. Agriculture & Ecology. 2020. 528 p.
5. Hassan S. M. Nutritional, Functional and Bioactive Properties of Sorghum (Sorghum Bicolor I. Moench) with its Future Outlooks: Nutr Food Sci. 2023. № 5 (1). V. 1030. Pp. 15-20.
6. Serebrennikova E. S., Anisimova L. V., Popov E. V., Zemerov A. E. Quality of grain sorghum. Modern problems of technology and technology of food production: materials of the XX international. Scientific-practical. conf. 2019. Pp. 308-310.
7. Syrkina L. F., Kosykh L. A., Antimonov A. K., Antimonova O. N. The new early ripe variety of grain sorghum Derzhavnoye. Grain industry of Russia. 2020. № 3 (69). Pp. 58-60.
8. Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A. S. Assessment of the source material and inheritance of economically valuable signs of grain sorghum. News of the Orenburg State. Agrarian University. 2019. № 3 (77). Pp. 83-86.
9. Mofokeng M. A., Shimelis B. H., Tongoona P., Laing M. D. Protein content and amino acid composition among selected South African sorghum genotypes. Food Chem. Nutr. 2018. No 06 (01). Pp. 01-12.
10. Alabushev A. V., Kovtunov V. V., Kostylev P. I., Kovtunova N. A., Kravcheko N. S. Features of lysine inheritance in hybrids of the second generation of grain sorghum. Euro-Northeast agrarian science. 2020. V. 21. № 3. Pp. 273-282.
11. Jezerskaya A. A., Pivovarov M. L. Capillary electrophoresis: basic principles, application in pharmaceutical analysis. Bulletin of Pharmacy. 2019. № 1 (83). Pp. 35-44.
12. Lomova V. V., Senova O. D., Bylkova A. R. Food chemistry: proteins, fats and carbohydrates. Scientific research of young scientists: materials of the XXI international. Scientific - prakt. conf. young scientists and specialists. Penza, 2022. Pp. 17-20.

Информация об авторах

Сыркина Любовь Федоровна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства крупяных и сорговых культур Поволжского научно-исследовательского института селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук (Российская Федерация, 446442, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, д. 76), e-mail: L.syrkina.05@mail.ru

Антимонова Ольга Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства крупяных и сорговых культур Поволжского научно-исследовательского института селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук (Российская Федерация, 446442, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, д. 76), e-mail: antimonovaolga@list.ru

Малахова Олеся Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий испытательной научно-исследовательской лабораторией ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет» (Российская Федерация, 446442, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Учебная, д. 1), e-mail: teselkina1986@mail.ru

Никонорова Юлия Юрьевна, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства зернофуражных культур Поволжского научно – исследовательского института селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук (Российская Федерация, 446442, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, д. 76), e-mail: yuliya_zinkova12@mail.ru

Author's Information

Syrkina Lyubov Fedorovna, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Selection and Seed Production of Cereal and Sorghum Crops, Volga Research Institute of Selection and Seed Production named after P. N. Konstantinov – branch of the Federal State Budgetary Institution of Science Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 446442, Samara region, Kinel, Ust-Kinelsky, st. Shosseynaya, 76), e-mail: L.syrkina.05@mail.ru.

Antimonova Olga Nikolaevna, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Breeding and Seed Production of Cereal and Sorghum Crops, Volga Research Institute of Breeding and Seed Production named after P. N. Konstantinov – branch of the Federal State Budgetary Institution of Science Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 446442, Samara region, Kinel, Ust-Kinelsky, st. Shosseynaya, 76), e-mail: antimonovaolga@list.ru.

Malakhova Olesya Anatolyevna, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Test Research Laboratory of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Samara State Agrarian University" (Russian Federation, 446442, Samara Region, Kinel, Ust-Kinelsky village, ul. School, 1), e-mail: teselkina1986@mail.ru.

Nikonorova Yulia Yurievna, Junior Researcher, Laboratory of Selection and Seed Production of Grain Crops, Volga Research Institute of Selection and Seed Production named after P. N. Konstantinov – branch of the Federal State Budgetary Institution of Science of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 446442, Samara region, Kinel, village. Ust-Kinelsky, Shosseynaya St. 76), e-mail: yuliya_zinkova12@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-17

**GROWTH AND LONGEVITY OF SQUAT ELM ON HETEROGENEOUS
ECOTOPES OF WESTERN CASPIAN SANDS**

G. A. Surkhaev, G. M. Surkhaeva

*Federal Scientific Center of agroecology, integrated land reclamation and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: gasan2255@mail.ru

Received 28.08.2023

Submitted 08.11.2023

The work was carried out on the topic of state task No. 122020100309-0 "Theoretical foundations, basic principles and technologies for improving the effectiveness of protective afforestation and complex phytomelioration on degraded, disturbed and low-productive lands of the arid zone of Russia"

Abstract

Introduction. The relevance of the work is justified by the need to expand the assessment of the influence of edaphic factors of low-yielding soils on the reclamation state of protective stands. **Objects** of research are different-age, pasture-protective elm plantations at the experimental landfill of the NCF of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Bazhigansky and Tersk massifs). **Materials and methods.** The research was carried out on trial areas (polygons) of modal elm stands, using generally accepted methodological developments and the author's scale of forest productivity of sand ecotopes. **Results and conclusions** were obtained based on the results of studying the growth and longevity of squat elm crops in different forest-growing conditions of long-term experience of forest reclamation of the sands of the Western Caspian Sea, where the ecological aspects of the influence of soil and soil conditions on the forestry and taxation parameters of the formation of ZLN, allowed us to clarify the degree of ranking of the biomeliorative potential of afforestation of crops on heterogeneous ecotopes of the sands of the arid region.

Key words: *pasture-protecting plantings, tree taxation, growth of stands, ecotopes of sands, phytomelioration of pastures, elm culture.*