СОДЕРЖАНИЕ АМИНОКИСЛОТ В ЗЕРНЕ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

И.Д. ФАДЕЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0002-8453-5437,
E-mail: fad-ir2540@mail.ru

ТАТАРСКИЙ НИИСХ – ОБОСОБЛЕННОЕ СТРУКТУРНОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ
ФИЦ «КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН»

Аннотация. Изучен химический и аминокислотный состав зерна озимой пшеницы сортов Казанская 560, Сабан и Ильвина. Полевые опыты были заложены в Лаишевском районе республики Татарстан на серой лесной почве по чистому пару. Технология выращивания общепринятая для зоны. В среднем за два года изучения у сорта Казанская 560 получено наибольшее содержание белка в зерне (14,32%) и наименьшее содержание крахмала (57,97%). Получена положительная корреляционная связь содержания белка с содержанием клетчатки ($r=0,44$) и содержанием золы ($r=0,61$). Отрицательная корреляционная связь получена между содержанием белка и жира в зерне ($r=-0,46$), а также с содержанием крахмала ($r=-0,98$). Вариабельность содержания белка в зерне составила 5,45%. Максимальное суммарное количество аминокислот было получено у сорта Ильвина (9,84%) в относительно благоприятном по метеоусловиям 2023 году. По сумме незаменимых кислот в среднем за два года изучения также выделился сорт Ильвина (5,24%). В засушливых условиях 2024 года произошло уменьшение суммы аминокислот у сорта Сабан на 1,36%, сорта Ильвина на 0,68%, сорта Казанская 560 на 0,07%. Установлено, что среди незаменимых аминокислот наименьшей вариабельностью отличались валин ($Cv=5,31\%$), аргинин ($Cv=8,43\%$) и гистидин ($Cv=8,66\%$). Другие незаменимые аминокислоты обладали средней изменчивостью ($Cv=10,53\ldots 19,81\%$). Сорт Ильвина рекомендован для включения в селекционные программы на высокое качество зерна с повышенным содержанием незаменимых аминокислот в зерне.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт, белок, незаменимые аминокислоты.

Для цитирования: Фадеева И.Д. Содержание аминокислот в зерне озимой пшеницы. Зернобобовые и крупяные культуры. 2025; 3(55):132-137. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-3-132-137

AMINO ACIDS CONTENT IN WINTER SOFT WHEAT GRAIN

I.D. Fadeeva

TATAR RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE – SSU FRC «KazSC RAS»

Abstract: The chemical and amino acid composition of winter wheat grain of the Kazanskaya 560, Saban and Ilvina varieties was studied. Field experiments were laid out in the Laishevsky district of the Republic of Tatarstan on gray forest soil after bare fallow. The cultivation technology is generally accepted for the zone. On average, over two years of study, the Kazanskaya 560 variety had the highest protein content in grain (14.32%) and the lowest starch content (57.97%). A positive correlation was obtained between the protein content and the fiber content ($r=0.44$) and ash content ($r=0.61$). A negative correlation was obtained between the protein and fat content in grain ($r=-0.46$), as well as with the starch content ($r=-0.98$). The variability of the protein content in grain was 5.45%. The maximum total amount of amino acids was obtained in the Ilvina variety (9.84%) in 2023, which had relatively favorable weather conditions. The Ilvina variety also stood out in terms of the sum of essential acids on average over the two years of study (5.24%). Under the dry conditions of 2024, the sum of amino acids decreased in the Saban variety by 1.36%, the Ilvina

variety by 0.68%, and the Kazanskaya 560 variety by 0.07%. It was found that among the essential amino acids, valine (Cv=5.31%), arginine (Cv=8.43%) and histidine (Cv=8.66%) had the lowest variability. Other essential amino acids had average variability (Cv=10.53...19.81%). The Ilvina variety is recommended for inclusion in breeding programs for high grain quality with an increased content of essential amino acids in grain.

Keywords: winter wheat, variety, protein, essential amino acids.

Введение

Понятие о качестве зерна пшеницы является различным в зависимости от направления его использования. Оно является выражением того, в какой степени тот или иной продукт отвечает цели, для которой он предназначен [1]. Белки играют в питании человека важную роль, так как являются главной составной частью всех органов и тканей организма. Белки не синтезируются в организме человека из других пищевых веществ и поэтому должны постоянно поступать с пищей. По содержанию незаменимых аминокислот белки растительного происхождения значительно уступают белкам животного происхождения. Злаковые культуры, в том числе и пшеница, прямо или косвенно обеспечивают организм человека пищевым белком (около 75%) [2]. Однако белки неодинаковы по своей питательной ценности, различия в которой обусловлены главным образом аминокислотным составом. Если соотношение аминокислот не сбалансировано, то способность организма использовать белок будет пониженной [3]. За питательную ценность белков отвечают незаменимые аминокислоты. Наличие достаточного количества незаменимых аминокислот в пищевой и кормовой продукции значительно повышает ее качество [4]. Важную роль в питании играют лимитирующие (критические) аминокислоты, дефицит или избыток которых влияет на усвоение других аминокислот [5]. Первая лимитирующая аминокислота в белке пшеницы – лизин, вторая – треонин. Имеются сведения о том, что генетические различия по ее содержанию в зерне разных сортов пшеницы могут достигать более чем в 3 раза [6]. На содержание аминокислот в сельскохозяйственной продукции оказывают влияние агроэкологические условия [7, 8, 9], а также уровень минерального питания [10]. Возможно использование источников с высокой концентрацией отдельных незаменимых аминокислот в селекционных программах, так как имеются сведения о высокой наследуемости содержания незаменимых аминокислот в зерне пшеницы [11].

Цель исследований – выявить сорта озимой пшеницы селекции Татарского НИИСХ с высоким содержанием незаменимых аминокислот в зерне для использования в селекционном процессе.

Материалы и методы исследования

Объектом исследований являлись три сорта озимой мягкой пшеницы селекции Татарского НИИСХ – Казанская 560 (стандарт), Сабан, Ильвина. Полевые опыты были заложены в Лаишевском районе республики Татарстан на серой лесной почве по чистому пару. Технология возделывания – общепринятая для данной зоны. Площадь делянки 10 м² в четырехкратной повторности. Норма высева 5,5 млн. всхожих зерен на 1 га. Уборка проводилась комбайном Wintersteiger «Classic». Содержание аминокислот и белка в зерне пшеницы определяли методом спектроскопии на приборе DS 2500F фирмы FOSS (Швеция), градуировка соответствовала ГОСТ ISO 12099-2017.

Возобновление вегетации озимой пшеницы в 2023 году отмечено в первую декаду апреля, а 18 апреля – переход температуры воздуха через 10 °С (табл. 1). Выпавшие в первую декаду мая осадки (60 мм) привели к дополнительному продуктивному кущению растений озимой пшеницы. В июне наблюдался дефицит осадков, а выпавшие осадки в 1 декаду июля в период налива зерна (20 мм) позволили сформировать крупное высоко натурное зерно. Гидротермический коэффициент за период вегетации озимой пшеницы составил 0,85.

**Метеорологические условия весенне-летней вегетации озимой пшеницы,
2022-2023 год**

Период	Сумма температур свыше +10°C	Осадки, мм	Фаза развития растений
апрель	191	0	Кущение
май	465	81	Трубкавание
июнь	562	7	Колошение –цветение
июль	667	73	Налив зерна-созревание
За период апрель-июль	1888	161	
ГТК	0,85		

В июне 2024 года температуры воздуха превысили среднемноголетние значения на 9,9°C. Максимальные температуры воздуха достигали 33,1°C, а в первую декаду июля – 35,6°C. Высокие температуры и пониженная влажность воздуха привели к сокращению периода вегетации растений на 10-12 дней. Гидротермический коэффициент (табл.2) за период вегетации озимой пшеницы составил 0,75 (засушливые условия вегетации).

Таблица 2

**Метеорологические условия весенне-летней вегетации озимой пшеницы,
2023-2024 год**

Период	Сумма температур свыше +10 °C	Сумма осадков, мм	Фаза развития растений
Апрель (11-30)	228	21,5	Кущение
Май	242	39,5	Трубкавание
Июнь	633	50,0	Колошение –цветение
Июль (1-20)	460	2,5	Налив зерна-созревание
За период апрель-июль	1563	117,5	
ГТК	0,75		

Результаты и их обсуждение

Содержание клетчатки является важнейшим показателем качества зерна: чем больше клетчатки, тем меньше выход муки. С ее количеством тесно коррелирует содержание труднорастворимых и особенно нерастворимых белковых веществ. Все это обуславливает наличие связи между содержанием в зерне суммарных белков и клетчатки [12], (табл. 3).

Таблица 3

Характеристика химического состава зерна у сортов озимой пшеницы

Сорт	Год	Белок, %	Жир, %	Зола, %	Клет- чатка, %	Крахмал, %
Ильвина	2023	14,34	1,55	1,72	2,59	57,97
	2024	13,77	1,61	1,68	2,64	59,24
	Средн.	14,06	1,58	1,70	2,62	58,61
Сабан	2023	14,46	1,57	1,76	2,63	57,20
	2024	12,72	1,56	1,63	2,59	61,40
	Средн.	13,59	1,52	1,59	2,61	59,30
Казанская 560	2023	13,73	1,62	1,69	2,65	58,88
	2024	14,90	1,51	1,67	2,65	57,06
	Средн.	14,32	1,57	1,68	2,65	57,97
Среднее по годам и сортам		13,99	1,57	1,69	2,63	58,63
Коэф. вариации (CV, %)		5,45	2,58	2,63	1,07	2,76

В нашем опыте была получена положительна корреляционная связь содержания белка с содержанием клетчатки ($r=0,44$) и содержанием золы ($r=0,61$). Отрицательная корреляционная связь получена между содержанием белка и жира в зерне ($r=-0,46$), а также с содержанием крахмала ($r=-0,98$). Коэффициент вариации содержания жира 2,85%, золы 2,63% и клетчатки 1,07% у изученных сортов был низким. Вариабельность содержания белка составила 5,45%. В среднем за два года изучения у сорта Казанская 560 получено наибольшее содержание белка в зерне – 14,32% и наименьшее содержание крахмала – 57,97%, (табл. 3).

Сорта озимой мягкой пшеницы различались по содержанию аминокислот (табл. 4).

Таблица 4

Содержание аминокислот в зерне озимой пшеницы, %

Аминокислота	Ильвина		Сабан		Казанская 560		Сред- нее	CV, (%)
	2023	2024	2023	2024	2023	2024		
Незаменимые аминокислоты								
Аргинин	0,72	0,63	0,65	0,56	0,69	0,66	0,65	8,43
Гистидин	0,45	0,38	0,42	0,35	0,39	0,41	0,40	8,66
Изолейцин	0,56	0,41	0,55	0,43	0,53	0,43	0,49	14,15
Лейцин	0,80	0,65	0,78	0,46	0,77	0,66	0,69	18,64
Лизин	0,60	0,43	0,55	0,34	0,50	0,49	0,49	18,84
Метионин	0,17	0,23	0,17	0,22	0,14	0,23	0,19	19,81
Фенилаланин	0,61	0,53	0,60	0,45	0,57	0,55	0,55	10,53
Треонин	0,50	0,44	0,50	0,35	0,46	0,47	0,45	12,30
Триптофан	0,17	0,20	0,15	0,17	0,13	0,21	0,17	17,44
Валин	0,66	0,62	0,66	0,57	0,64	0,63	0,63	5,31
Заменимые аминокислоты								
Цистеин	0,52	0,47	0,53	0,43	0,45	0,49	0,48	8,14
Глутамин	1,55	1,82	1,71	1,84	1,55	1,54	1,67	8,42
Глицин	0,55	0,53	0,53	0,51	0,52	0,53	0,53	2,52
Пролин	1,01	1,05	1,01	1,03	1,00	1,03	1,02	1,80
Серин	0,60	0,51	0,59	0,48	0,56	0,56	0,55	8,45
Тирозин	0,37	0,26	0,37	0,22	0,35	0,29	0,31	20,30
Сумма аминокислот	9,84	9,16	9,77	8,41	9,25	9,18	9,27	5,58
Сумма незаменимых аминокислот	5,24	4,52	5,03	3,9	4,82	4,74	4,71	9,91
Сумма лизина и треонина	1,10	0,87	1,05	0,69	0,96	0,96	0,94	15,51

Метеоусловия года также влияли на данный показатель. Максимальное суммарное количество аминокислот было у сорта Ильвина – 9,84% в 2023 году. В зерне изученных сортов отмечено наибольшее количество глутаминовой кислоты – 1,67% и пролина 1,02%. Содержание пролина было более стабильным ($CV=1,8\%$).

В засушливых условиях 2024 года произошло уменьшение суммы аминокислот у сорта Сабан на 1,36%, сорта Ильвина – на 0,68%, сорта Казанская 560 на 0,07%.

По сумме незаменимых кислот, в которую вошли валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан, фенилаланин, а также аргинин (незаменимая аминокислота в детском питании) в среднем за два года изучения также выделился сорт Ильвина (4,88%). Метеоусловия 2024 года привели к снижению значения суммы незаменимых аминокислот на 0,08% у сорта Казанская 560, на 0,72% у сорта Ильвина и на 1,13% у сорта Сабан.

В основе разногласия в определении важности и незаменимости тех или иных аминокислот лежат особенности их биосинтеза и метаболизма в организме человека. За

исключением двух аминокислот – лизина и треонина, которые являются у человека абсолютно незаменимыми, остальные «незаменимые» аминокислоты в определенных количествах могут синтезироваться за счет реакций трансаминирования, но объем их синтеза является недостаточным [13]. Сорт Ильвина обладал максимальным содержанием лизина – 0,6% в 2024 году. Наибольшей суммой лимитирующих аминокислот лизина и треонина в среднем за два года отличался также сорт Ильвина (4,88%). Максимальное снижение суммы данных аминокислот в засушливый 2024 год отмечено у сорта Сабан – на 0,36%. Сорт Казанская 560 оказался стабильным по сумме лизина и треонина: 0,96% как в 2023 году, так и в 2024 году. Среди незаменимых аминокислот низкой вариабельностью отличались валин ($C_v=5,31\%$), аргинин ($C_v=8,43\%$) и гистидин ($C_v=8,66\%$). Другие незаменимые аминокислоты обладали средней изменчивостью ($C_v=10,53\text{...}19,81\%$).

Заключение

В результате проведенных исследований показано, что новый сорт Ильвина формирует высокое содержание аминокислот в зерне как при благоприятных, так и при засушливых метеоусловиях. Сорт может быть рекомендован как источник высокого содержания незаменимых аминокислот в питании человека, а также рекомендуется для включения в селекционные программы на высокое качество зерна с повышенным содержанием незаменимых аминокислот в зерне.

Работа выполнена в рамках Государственного задания № 125031003428-9 «Совершенствование комплексных отечественных технологий селекции, растениеводства и животноводства на основе идентификации высокоценных генотипов, молекулярно-генетических методов, биотехнологий, конструирования адаптивных и высокопродуктивных агробиоценозов и агроэкосистем для производства экологически безопасной и функциональной продукции».

Литература

1. Кулеватова Т.Б., Бекетова Г.А., Злобина Л.Н., Ермакова Е.М. Оценка качества зерна сортов яровой мягкой пшеницы методом седиментации. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – № 4 (52) – С.163-170. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-163-170
2. Зенькова М. Л. Исследование минерального и аминокислотного состава пророщенного и консервированного зерна пшеницы. // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – № 4 (49). – С. 513-521. DOI: 10.21603/2074-9414-2019-4-513-521
3. Асхадуллин Дамир Ф., Асхадуллин Данил Ф., Василова Н. З., Зуев Е. В., Хайруллина А. Р. Содержание аминокислот в зерне образцов яровой мягкой пшеницы. // Российская сельскохозяйственная наука. – 2023. – № 2. – С.25-39 DOI: 10.31857/S2500262723020084
4. Шаболкина Е.Н., Шевченко С.Н., Долженко Д.О., Калякулина И.А., Анисимкина Н.В. Аминокислотный состав белков голозерного ячменя. // Зерновое хозяйство России. – 2025. – № 2 (17). – С. 13–19. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-97-2-13-19 3.
5. Лачуга Ю.Ф., Месхи Б.Ч., Пахомов В.И., Рудой Д.В., Камбулов С.И., Мальцева Т.А. Исследование изменения аминокислотного состава зерновых колосовых культур в процессе созревания. // Инженерные технологии и системы. – 2023. – № 4 (33) – С. 508-523. <https://doi.org/10.15507/2658-4123.033.202304.508-523>
6. Yigit A., Erekul O. Antioxidant Activity and Essential Amino acid Content of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties // Journal of Agricultural Sciences. – 2023. – Vol. 29. – No. 1. – P. 130–141. DOI:10.15832/ankutbd.999660
7. Горянина Т.А., Макушкин А.Н. Качество зерна сортов озимых тритикале селекции Самарского НИИСХ. // Аграрный научный журнал. – 2021. №7. – С. 4-8. DOI: 10.28983/asj.y2021i7
8. Асеева Т.А., Зенкина К.В., Ломакина И.В. Хозяйственная и биологическая характеристика перспективного универсального сорта яровой пшеницы Далира. // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – № 6 (34). – С. 59-64. DOI: 10.24411/0235-2451-2020 10611.
9. Бельштина М.Е. Биохимический состав семян раннеспелых сортов сои и его вариабельность в зависимости от сортовых особенностей и метеорологических условий

вегетационного периода. // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 3 (51). – С. 33-40.

10. Чикишев Д. В., Абрамов Н. В., Ларина Н. С. и др. Формирование химического состава зерна яровой пшеницы при различном уровне минерального питания. // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2020. – № 3 (10). – С. 496-505. DOI: 10.21285/2227 2925-2020-10-3-496-505.

11. Jiang X., Wu P., Tian, J. Genetic analysis of amino acid content in wheat grain // Journal of Genetics. – 2014. – Vol. 93. P. 451–458. DOI: 10.1007/s12041-014-0408-6.

12. Крищенко В.П., Волкова Л.В. Караматова Г.Х. Взаимозависимые изменения химического состава зерна у злаковых культур. // Известия ТСХА. – 1987. – №4. – С. 65-69.

13. Лысыков Ю.А. Аминокислоты в питании человека. // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2012. – №2. – С.88-105.

References

1. Kulevatova T.B., Beketova G.A., Zlobina L.N., Ermakova E.M. Evaluation of grain quality of spring soft wheat varieties by sedimentation method. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2024, no. 4 (52), pp. 163-170. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-163-170 (in Russian)

2. Zenkova M. L. Study of mineral and amino acid composition of sprouted and canned wheat grain. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, 2019, no. 4 (49), pp. 513-521. DOI: 10.21603/2074-9414-2019-4-513-521 (in Russian)

3. Askhadullin Damir F., Askhadullin Danil F., Vasilova N. Z., Zuev E. V., Khairullin A. R. Amino acid content in the grain of spring soft wheat samples. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka*, 2023, no. 2, pp. 25-39 DOI: 10.31857/S2500262723020084 (in Russian)

4. Shabolkina E. N., Shevchenko S. N., Dolzhenko D. O., Kalyakulina I. A., Anisimkina N. V. Amino acid composition of proteins of naked barley. *Zernovoye khozyaystvo Rossii*, 2025, no. 2 (17), pp. 13-19. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-97-2-13-19 3 (in Russian)

5. Lachuga Yu. F., Meskhi B. Ch., Pakhomov V. I., Rudoy D. V., Kambulov S. I., Maltseva T. A. Study of changes in the amino acid composition of cereal crops during ripening. *Inzhenernyye tekhnologii i sistemy*, 2023, no. 4 (33), pp. 508-523. <https://doi.org/10.15507/2658-4123.033.202304.508-523> (in Russian)

6. Yigit A., Erekul O. Antioxidant Activity and Essential Amino acid Content of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties. *Journal of Agricultural Sciences*, 2023, no. 1 (29), pp. 130-141. DOI:10.15832/ankutbd.999660

7. Goryanina T.A., Makushkin A.N. Grain quality of winter triticale varieties bred by the Samara Research Institute of Agriculture. *Agrarian Scientific Journal*, 2021, no. 7, pp.4-8. DOI: 10.28983/asj.y2021i7 (in Russian)

8. Aseeva T.A., Zenkina K.V., Lomakina I.V. Economic and biological characteristics of the promising universal spring wheat variety Dalira. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2020, no. 6 (34), pp. 59-64. DOI: 10.24411/0235-2451-2020 10611 (in Russian)

9. Belyshkina M.E. Biochemical composition of seeds of early ripening soybean varieties and its variability depending on varietal characteristics and meteorological conditions of the growing season. *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2020, no. 3 (51), pp. 33-40 (in Russian)

10. Chikishev D.V., Abramov N.V., Larina N.S., et al. Formation of the chemical composition of spring wheat grain at different levels of mineral nutrition. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya*, 2020, no. 3 (10), pp. 496–505. DOI: 10.21285/2227 2925-2020-10-3-496-505 (in Russian)

11. Jiang X., Wu P., Tian, J. Genetic analysis of amino acid content in wheat grain. *Journal of Genetics*. 2014, Vol. 93, pp. 451-458. DOI: 10.1007/s12041-014-0408-6.

12. Krishchenko V.P., Volkova L.V., Karamatova G.Kh. Interdependent changes in the chemical composition of grain in cereal crops. *Izvestiya TSKHA*, 1987, no.4, pp. 65-69 (in Russian)

13. Lysikov Yu.A. Amino acids in human nutrition. *Ekspperimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya*, 2012, no.2, pp.88-105 (in Russian)