

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ И АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Н. В. УЛАХОВИЧ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: baa_bgd@tut.by

В. Н. БОСАК

ООО «Торговый Дом Торфяные Гуматы»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220080, e-mail: bosak1@tut.by

Т. В. САЧИВКО

ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220108, e-mail: sachyuka@rambler.ru

(Поступила в редакцию 05.05.2025)

Зернобобовые культуры относятся к наиболее ценным сельскохозяйственным растениям, которые используются в продовольственных, кормовых, технических, экологических и агротехнологических целях. Наряду с урожайностью, важной качественной характеристикой зернобобовых культур является содержание и состав белка. В статье представлены результаты исследований по изучению урожайности и качества семян фасоли овощной (*Phaseolus vulgaris* L.), гороха овощного (*Pisum sativum* L. convar. *medullare* Flef. emend. C.O. Lehm), чечевицы пищевой (*Lens culinaris* L.) и пажитника голубого (*Trigonella caerulea* (L.) Ser.) на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Целью исследования являлось изучение особенностей аминокислотного состава и биологической ценности белка зернобобовых культур в почвенно-климатических условиях северо-восточной части Республики Беларусь. В результате полевых и лабораторных исследований установлено, что содержание незаменимых аминокислот в семенах фасоли овощной составило 7,97–8,21 г/100 г семян или 351,0–385,0 мг/г белка, в семенах гороха овощного – 6,47–6,59 г/100 г семян или 275,9–292,7 мг/г белка, в семенах чечевицы пищевой – 6,05–6,33 г/100 г семян или 301,3–313,6 мг/г белка, в семенах пажитника голубого – 5,69–5,82 г/100 г семян или 286,8–304,2 мг/г белка. По содержанию незаменимых аминокислот (лизин, метионин, треонин, валин, лейцин, триптофан, фенилаланин) белок семян изучаемых зернобобовых культур на 97–133 % соответствовал требованиям FAO/ВОЗ с лучшими показателями для фасоли овощной. Применение минеральных удобрений увеличивало урожайность семян и содержание в них белка при некотором снижении его биологической ценности.

Ключевые слова: фасоль овощная, горох овощной, чечевица, пажитник голубой, аминокислотный состав, биологическая ценность, минеральные удобрения.

Legumes are among the most valuable agricultural plants used for food, feed, technical, ecological and agro-technological purposes. Along with productivity, an important qualitative characteristic of legumes is the content and composition of protein. The article presents the results of research on the yield and quality of seeds of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.), garden peas (*Pisum sativum* L. convar. *medullare* Flef. emend. C.O. Lehm), edible lentils (*Lens culinaris* L.) and blue fenugreek (*Trigonella caerulea* (L.) Ser.) on sod-podzolic light loamy soil. The aim of the study was to investigate the features of the amino acid composition and biological value of protein in legumes in the soil and climatic conditions of the north-eastern part of the Republic of Belarus. As a result of field and laboratory studies, it was established that the content of essential amino acids in the seeds of green beans was 7.97–8.21 g/100 g of seeds or 351.0–385.0 mg/g of protein, in the seeds of green peas – 6.47–6.59 g/100 g of seeds or 275.9–292.7 mg/g of protein, in the seeds of edible lentils – 6.05–6.33 g/100 g of seeds or 301.3–313.6 mg/g of protein, in the seeds of blue fenugreek – 5.69–5.82 g/100 g of seeds or 286.8–304.2 mg/g of protein. In terms of the content of essential amino acids (lysine, methionine, threonine, valine, leucine, tryptophan, phenylalanine), the protein of the seeds of the studied leguminous crops met the FAO/WHO requirements by 97–133%, with better indicators for green beans. The use of mineral fertilizers increased the yield of seeds and the protein content in them with a slight decrease in its biological value.

Key words: green beans, green peas, lentils, blue fenugreek, amino acid composition, biological value, mineral fertilizers.

Введение

Зернобобовые культуры (семейство *Fabaceae*) принадлежат к важнейшим растениям, используемым в мировой экономике в продовольственных, кормовых, технических, экологических и агротехнических целях [1, 2].

В Республике Беларусь непосредственно для питания человека применяют горох, фасоль, чечевицу, овощные бобы, пажитник; соя используется также в качестве сырья для промышленности как масличная культура. Зерно пелюшки, люпина, кормовых бобов, сои и вики применяют в качестве высокобелковой добавки при приготовлении концентрированных кормов для всех видов сельскохозяйственных животных. Корма, приготовленные из зерна и зеленой массы данных культур, хорошо

обеспечены переваримым протеином, имеют сбалансированный аминокислотный состав, содержат важнейшие макро- и микроэлементы.

Зернобобовые культуры являются также одними из лучших предшественников для большинства культур в севообороте. Они способны накапливать в почве азот благодаря симбиотической азотфиксации его из атмосферы с помощью клубеньковых бактерий, извлекать питательные вещества из труднорастворимых почвенных соединений фосфора, калия и кальция, а также улучшать фитосанитарное состояние севооборота и обеспечивать благоприятный баланс гумуса [2–9].

Наряду с урожайностью, при возделывании зернобобовых культур важнейшее значение имеют их качественные показатели, в т. ч. содержание и состав белка [10–22].

Следует также учитывать особую ценность незаменимых аминокислот (лизин, треонин, метионин, валин, изолейцин, лейцин, триптофан, фенилаланин), среди которых лизин, треонин и метионин относятся к критическим, которые не могут синтезироваться в организме человека и должны поступать в наш рацион с растительной пищей [23–28].

Изменить фракционный или аминокислотный состав индивидуальных растительных белков теми или иными агротехническими приемами практически невозможно, т. к. их биосинтез обусловлен генетическими факторами. Однако можно в определенной степени влиять на количество той или иной фракции или аминокислоты, в том числе подбором сортов и видов сельскохозяйственных культур, а также применением удобрений [2, 15, 26].

Целью данной статьи является изучение особенностей аминокислотного состава и биологической ценности белка зернобобовых культур в почвенно-климатических условиях северо-восточной части Республики Беларусь.

Основная часть

Исследования по изучению аминокислотного состава и биологической ценности белка зернобобовых культур проводили в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии на протяжении 2020–2024 гг.

Полевые исследования проводили на окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве согласно общепринятым методикам [1, 29, 30].

Агрохимическая характеристика пахотного горизонта исследуемой почвы имела следующие показатели: pH_{KCl} 6,1–6,2, P_2O_5 (0,2 М HCl) – 173–182 мг/кг, K_2O (0,2 М HCl) – 205–212 мг/кг, гумус (0,4 н $K_2Cr_2O_7$) – 2,5–2,7 % (индекс агрохимической окультуренности 0,85) [31].

Исследуемые культуры – фасоль овощная (*Phaseolus vulgaris* L.) сорта Чыжовенка, горох овощной (*Pisum sativum* L. convar. *medullare* Flef. emend. C.O. Lehm) сорта Прометей, чечевица пищевая (*Lens culinaris* L.) сорта Орловская краснозерная, пажитник голубой (*Trigonella caerulea* (L.) Ser.) сорта Росквіт.

Для определения аминокислотного состава использовали методики М-04-38-2009 «Определение протеиногенных аминокислот в комбикормах и сырье» и М 04-63-2010 «Определение массовой доли синтетических аминокислот в кормовых добавках» с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель-105 М». Идентификацию аминокислотного профиля проводили на аминокислотном анализаторе FA-600 (E) Fully Automatic Biochemistry Analyzer.

Определение показателей биологической ценности белка проводили расчетным методом «аминокислотного сора», при котором содержание конкретной аминокислоты сравнивали с рекомендуемым содержанием данной кислоты в «эталонном белке» FAO/ВОЗ [2, 32].

Как показали результаты исследований, содержание незаменимых аминокислот в семенах зернобобовых культур отличалось значительной вариабельностью в зависимости от биологических особенностей возделываемых растений и применения минеральных удобрений (табл. 1).

Наибольшее содержание незаменимых аминокислот (лизин, метионин, треонин, валин, лейцин, триптофан, фенилаланин) отмечено в семенах фасоли овощной – 7,97–8,21 г/100 г семян. В семенах гороха овощного содержание незаменимых аминокислот оказалось 6,47–6,59, чечевицы пищевой – 6,05–6,33, пажитника голубого – 5,69–5,82 г/100 г семян. Применение минеральных удобрений способствовало увеличению содержания незаменимых аминокислот в семенах всех изучаемых зернобобовых культур.

Анализ содержания незаменимых аминокислот непосредственно в расчете на белок показал некоторое отличие в сравнении с аналогичным содержанием в расчете на семена. Так, максимальное содержание незаменимых аминокислот в белке также отмечено у фасоли овощной (351,0–385,0 мг/г белка) при минимальном их содержании в белке гороха овощного (275,9–292,7 мг/г белка). В семенах пажитника голубого содержание незаменимых аминокислот оказалось 286,8–304,2, в семенах чечевицы пищевой – 301,3–313,6 мг/г белка.

Таблица 1. Содержание незаменимых аминокислот в семенах зернобобовых культур

Вариант	Лизин	Метионин	Треонин	Валин	Лейцин	Триптофан	Фенилаланин	Сумма незаменимых аминокислот
Содержание, г/100 г семян								
Фасоль овощная								
Контроль	1,14	0,39	1,73	1,35	1,52	0,16	1,68	7,97
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀	1,21	0,40	1,74	1,38	1,49	0,24	1,75	8,21
Горох овощной								
Контроль	1,13	0,37	1,66	1,18	1,14	0,24	0,75	6,47
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀	1,17	0,37	1,67	1,22	1,19	0,20	0,77	6,59
Чечевица пищевая								
Контроль	1,20	0,39	0,71	1,30	0,92	0,21	1,32	6,05
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀	1,17	0,37	0,67	1,21	1,21	0,28	1,42	6,33
Пажитник голубой								
Контроль	1,21	0,32	0,73	1,02	1,19	0,31	0,91	5,69
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀	1,24	0,32	0,74	0,98	1,21	0,34	0,99	5,82
HCP ₀₅	0,05	0,02	0,07	0,06	0,06	0,01	0,06	
Содержание, мг/г белка								
Фасоль овощная								
Контроль	55,1	18,8	83,6	65,2	73,4	7,7	81,2	385,0
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀	51,7	17,1	74,4	59,0	63,7	10,3	74,8	351,0
Горох овощной								
Контроль	51,1	16,7	75,1	53,4	51,6	10,9	33,9	292,7
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀	49,0	15,5	69,9	51,1	49,8	8,4	32,2	275,9
Чечевица пищевая								
Контроль	62,2	20,2	36,8	67,4	47,7	10,9	68,4	313,6
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀	55,7	17,6	31,9	57,6	57,6	13,3	67,6	301,3
Пажитник голубой								
Контроль	64,7	17,1	39,0	54,5	63,6	16,6	48,7	304,2
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀	61,1	15,8	36,5	48,3	59,6	16,7	48,8	286,8
HCP ₀₅	2,8	0,9	2,7	2,8	2,9	0,6	2,8	

Применение минеральных удобрений в данном случае снижало содержание незаменимых аминокислот в белке всех исследуемых зернобобовых культур, что связано с более высокими темпами увеличения содержания белка в семенах в удобренных вариантах в сравнении с изменением содержания незаменимых аминокислот. Питательная ценность продукта зависит не только от содержания белков или аминокислот, но и способности их к усвоению. Содержание и степень использования поступающих в организм аминокислот и характеризует их биологическую ценность [2, 14, 15, 32].

Для расчета биологической ценности белка применяют биологические и расчетные методы. Проведение биологических исследований на живых организмах не всегда возможно, в связи с чем рекомендуются расчетные методы определения биологической ценности, в частности метод «аминокислотного сора», когда содержание аминокислот в продукции сравнивают с рекомендуемым содержанием этой же аминокислоты FAO/ВОЗ [2, 32].

Изучение биологической ценности белка фасоли овощной, гороха овощного, чечевицы пищевой и пажитника голубого методом «аминокислотного сора» показало значительную вариабельность как в разрезе конкретной аминокислоты, так и в зависимости от вида культур и применения удобрений (табл. 2).

Таблица 2. Биологическая ценность белка зернобобовых культур

Вариант	Семена, ц/га	Белок, %	Лизин	Метионин	Треонин	Валин	Лейцин	Триптофан	Фенилаланин	Незаменимые аминокислоты
Аминокислотный скор, %										
Фасоль овощная										
Контроль	34,8	20,7	100	78	209	130	105	77	232	133
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀	50,1	23,4	94	71	186	118	91	103	214	125
HCP ₀₅	2,3	1,1								
Горох овощной										
Контроль	17,9	22,1	93	70	188	107	74	109	97	105
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀	26,5	23,9	89	65	175	102	71	84	92	97
HCP ₀₅	1,4	1,1								
Чечевица пищевая										
Контроль	13,1	19,3	113	84	92	135	68	109	195	114
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀	19,5	21,0	101	73	80	115	82	133	193	111
HCP ₀₅	0,8	1,0								
Пажитник голубой										
Контроль	3,5	18,7	118	71	98	109	91	166	139	113
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀	3,9	20,3	111	66	91	97	85	167	139	108
HCP ₀₅	0,2	1,0								

Лучшие показатели биологической ценности белка по содержанию незаменимых аминокислот отмечены для семян фасоли овощной – 125–133 % от рекомендованных норм FAO/ВОЗ.

Белок семян чечевицы пищевой по содержанию незаменимых аминокислот на 111–114 %, белок семян пажитника голубого – на 108–113 %, белок семян гороха овощного – на 97–105 % соответствовал стандартам FAO/ВОЗ.

Применение минеральных удобрений несколько снижала биологическую ценность белка всех изучаемых зернобобовых культур, что подтверждается и другими исследованиями [2, 18, 20].

Лимитирующими аминокислотами в белке всех изучаемых зернобобовых культур оказались метионин (65–84 % от рекомендованных норма FAO/ВОЗ) и лейцин (71–91 %, кроме варианта без удобрений у фасоли овощной).

Определенный недостаток лизина отмечен в белке семян гороха овощного (89–93 %) и, частично, в белке семян фасоли овощной (94 % в варианте с применением удобрений), треонина – в белке семян чечевицы пищевой (80–92 %) и пажитника голубого (91–98 %), в также триптофана в отдельных вариантах для фасоли овощной и гороха овощного.

Заключение

В исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве содержание незаменимых аминокислот (лизин, метионин, треонин, валин, лейцин, триптофан, фенилаланин) в семенах фасоли овощной составило 7,97–8,21 г/100 г семян или 351,0–385,0 мг/г белка, в семенах гороха овощного – 6,47–6,59 г/100 г семян или 275,9–292,7 мг/г белка, в семенах чечевицы пищевой – 6,05–6,33 г/100 г семян или 301,3–313,6 мг/г белка, в семенах пажитника голубого – 5,69–5,82 г/100 г семян или 286,8–304,2 мг/г белка.

По содержанию незаменимых аминокислот белок семян изучаемых зернобобовых культур на 97–133 % соответствовал требованиям FAO/ВОЗ с лучшими показателями для фасоли овощной. Применение минеральных удобрений увеличивало урожайность семян и содержание в них белка при некотором снижении его биологической ценности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – М.: Инфра-М, 2016. – 336 с.
2. Приемы возделывания бобовых овощных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, О. Н. Минюк [и др.]. – Горки: БГСХА, 2022. – 183 с.
3. Босак, В. Н. Биологическая фиксация азота при возделывании бобовых овощных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Аграрная наука – сельскому хозяйству. – Барнаул: АГАУ, 2019. – С. 156–157.
4. Босак, В. Н. Накопление биологического азота при возделывании бобовых овощных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Основні, малопоширені і нетрадиційні види рослин – від вивчення до освоєння. – Обухів, 2022. – Т. 1. – С. 31–33.
5. Босак, В. Н. Особенности азотфиксации в посевах бобовых овощных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, М. Е. Кошман // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения. – Санкт-Петербург, 2019. – С. 15–17.
6. Босак, В. Н. Симбиотическая и несимбиотическая азотфиксация в земледелии Беларуси / В. Н. Босак // Устойчивое развитие экономики: состояние, проблемы, перспективы. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – Ч. II. – С. 37–38.
7. Продуктивность и азотфиксирующая способность бобовых овощных культур / В. Н. Босак, В. В. Скорина, Т. В. Колоскова, О. Н. Минюк // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. – Москва: РУДН, 2011. – Т. II. – С. 24–26.
8. Улахович, Н. В. Азотфиксирующая способность и продуктивность зернобобовых культур в зависимости от применения минеральных удобрений / Н. В. Улахович, В. Н. Босак // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. – № 1. – С. 30–33.
9. Эффективность возделывания зернобобовых культур в условиях Белорусского Полесья / В. Н. Босак, В. В. Скорина, Т. В. Колоскова, О. Н. Минюк // Инновационные технологии в мелиорации и сельскохозяйственном использовании мелиорированных земель. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – С. 37–38.
10. Агафонова, С. В. Оценка биологической ценности белков люпина и перспектив его использования в пищевой промышленности / С. В. Агафонова, А. И. Рыков, О. Я. Мезенова // Вестник Международной академии холода. – 2019. – № 2. – С. 79–85.
11. Босак, В. М. Біялагічная каштоўнасць нетрадыцыйнай лекавай культуры струкоў агароднінных / В. М. Босак // Лекарственные растения: биоразнообразие, технологии, применение. – Гродно: ГТАУ, 2014. – С. 209–211.
12. Босак, В. Н. Аминокислотный состав и биологическая ценность белка бобов овощных в зависимости от применения удобрений / В. Н. Босак, О. Н. Минюк // Вестник БарГУ. Серия: Биологические науки. Сельскохозяйственные науки. – 2016. – № 4. – С. 79–84.
13. Босак, В. Н. Аминокислотный состав и биологическая ценность сои в зависимости от применения удобрений на дерново-подзолистой супесчаной почве / В. Н. Босак, В. В. Скорина, Т. В. Колоскова // Агропанорама. – 2010. – № 3. – С. 18–21.
14. Босак, В. Н. Биологическая ценность и аминокислотный состав различных сортов фасоли овощной / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Овощеводство. – 2017. – Т. 25. – С. 5–10.

15. Босак, В. Н. Особенности аминокислотного состава и биологической ценности белка бобовых овощных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. – С. 37–40.
16. Качественный состав семян зернобобовых культур, полученных в условиях северного региона Республики Беларусь / Н. Н. Зенькова, И. В. Ковалева, Т. М. Шлома, М. О. Моисеева // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 4 (36). – С. 99–102.
17. Кукреш, Л. В. Оценка белка зернобобовых культур по аминокислотному составу / Л. В. Кукреш, И. В. Рышкель // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2008. – № 1. – С. 36–40.
18. Минюк, О. Н. Продуктивность и аминокислотный состав бобовых овощных культур в зависимости от применения удобрений / О. Н. Минюк, В. Н. Босак // Овощеводство. – 2021. – Т. 29. – С. 72–79.
19. Продуктивность и качественный состав семян зернобобовых культур в условиях северного региона Республики Беларусь / Т. М. Шлома, Н. Н. Зенькова, И. В. Ковалева [и др.] // Земледелие и растениеводство. – 2020. – № 6. – С. 12–16.
20. Сергеева, И. И. Изменение качества белка ячменя и гороха в отдельных и смешанных посевах в зависимости от применения минеральных удобрений и бактериальных препаратов / И. И. Сергеева // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы. – Гродно, 2021. – Т. 55. – С. 134–140.
21. Улахович, Н. В. Аминокислотный состав бобовых овощных культур в зависимости от применения удобрений / Н. В. Улахович, В. Н. Босак // Ресурсосберегающие технологии в агропромышленном комплексе России. – Красноярск, 2025. – С. 208–211.
22. Фракционный и аминокислотный состав белка семян сортов сои разных экотипов / Т. П. Кобозева, У. А. Делаев, У. Г. Зузиев [и др.] // Проблемы развития АПК региона. – 2019. – № 2 (38). – С. 280–286.
23. Агрохимические приемы повышения биологической ценности и хлебопекарных качеств продовольственного зерна пшеницы и ржи на дерново-подзолистых почвах: рекомендации / В. В. Лапа, В. Н. Босак, Н. Н. Иващенко [и др.]. – Минск, 2005. – 27 с.
24. Босак, В. М. Біялагічная каштоўнасць азімых збожжавых культур у залежнасці ад умоў жыцця / В. М. Босак // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2006. – № 2. – С. 60–63.
25. Босак, В. Н. Использование показателей биологической ценности белка в оценке качества зерновых культур / В. Н. Босак // Здоровье для всех. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – С. 26–27.
26. Лапа, В. В. Применение удобрений и качество урожая / В. В. Лапа, В. Н. Босак. – Минск, 2006. – 120 с.
27. Параўнальная біялагічная каштоўнасць і амінакіслотны склад збожжавых і збожжаваструкавых культур у залежнасці ад выкарыстання мінеральных угнаенняў / В. М. Босак, Т. В. Каласкова, В. М. Мінюк, В. М. Марцуль // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2011. – № 4. – С. 46–51.
28. Разумовский, Н. Аминокислоты – заменимые и незаменимые / Н. Разумовский, Д. Соболев // Животноводство России. – 2020. – № 2. – С. 59–63.
29. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Москва: ИД Альянс, 2011. – 352 с.
30. Научные системы ведения сельского хозяйства Республики Беларусь / В. Ю. Агеев, В. В. Агейчик, В. В. Азаренко [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2020. – 682 с.
31. Почвенная характеристика опытного участка «Полигон» / В. Н. Босак, Е. Ф. Валецкая, Т. В. Сачивко [и др.] // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: БГСХА, 2024. – С. 28–30.
32. Рекомендации по определению биологической ценности белка сельскохозяйственных культур / И. М. Богдевич, В. В. Лапа, В. Н. Босак [и др.]. – Минск: ИПА, 2005. – 14 с.