

УДК 633.491:631.445.51:631.671:631.81

## АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ КЛУБНЕЙ ОРОШАЕМОГО КАРТОФЕЛЯ НА КАШТАНОВОЙ ПОЧВЕ ПРИ ВНЕСЕНИИ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ СЕРНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ NPK<sup>1</sup>

© 2023 г. М. Г. Меркушева<sup>1,\*</sup>, Л. Л. Убугунов<sup>1</sup>, Л. Н. Болонева<sup>1</sup>, И. Н. Лаврентьева<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН  
670047 Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6, Россия

\*E-mail: merkusheva48@mail.ru

Поступила в редакцию 27.02.2023 г.

После доработки 25.03.2023 г.

Принята к публикации 15.04.2023 г.

Установлено, что применение серных удобрений в дозах 15 и 30 кг/га (на фоне NPK) под орошаемый картофель на каштановых почвах Западного Забайкалья является наиболее эффективным для создания продукции товарных клубней с максимальной величиной биоэнергетического коэффициента. С возрастанием доз серы, несмотря на незначительное повышение содержания сырого протеина, количество аминокислот и индекс незаменимых кислот значительно увеличились по сравнению с контролем и фоном NPK. Отмечена замена лимитирующих серосодержащих аминокислот (метионин + цистин) на лейцин. Наибольшая биологическая ценность белка картофеля на уровне 72–74% выявлена при дозах 15 и 30 кг S/га (на фоне NPK).

*Ключевые слова:* каштановые почвы, орошение, картофель, минеральные удобрения, сера, продукция, аминокислотный состав, биологическая ценность белка клубней.

DOI: 10.31857/S0002188123080069, EDN: ZDTQGA

### ВВЕДЕНИЕ

Посевы картофеля производят более высокое количество протеина на 1 га, чем зерновые [1], а белок клубней превосходит другие продукты, такие как пшеница, рис или кукуруза, по пищевой ценности, стоимости выращивания и хранения [2, 3]. Картофельный белок имеет большую биологическую и пищевую ценность, сравнимую с яичным белком, а его химическая оценка (аминокислотный скор) меняется от 57 до 69 [4–7]. Предположительно, картофельные белки имеют более высокое качество по аминокислотному составу, что связано с генотипом [8]. Количество белка клубней на основе аминокислотного состава составляет ~70% от белка цельного куриного яйца с хорошим уровнем содержания лизина и низким – серосодержащих аминокислот (метионина и цистина) [9], что может снижать его пищевую ценность [10, 11]. Поэтому требуется регуляция минерального питания по содержанию и усвоению серы.

Сера необходима для деления и роста клеток растения, является незаменимым компонентом белков, входит в состав аминокислот (цистина, цистеина, метионина) и многих органических се-

росодержащих соединений (витаминов, липоевой кислоты, глутатиона и др.), участвует в окислительно-восстановительных процессах, усиливает фотосинтез и накопление хлорофилла в листьях [12–14]. Цистин и цистеин через биохимические реакции связаны с образованием углеводов [15, 16]. Аминокислоты также влияют на синтез и активность некоторых ферментов, экспрессию генов и редокс-гомеостаз [17]. Изменение содержания аминокислот в клубнях картофеля в основном связано с вариациями количества азота [18].

В настоящее время во всем мире сера признана 4-м основным питательным элементом для растений, после N, P и K [19]. Для поддержания роста клубней и получения урожая картофеля от 30 до 35 т/га необходимо использование серных удобрений [20–23]. Хотя картофель относится к группе растений с невысокими требованиями к сере, однако применение серных удобрений способствует улучшению качества клубней [23–27]. Дефицит серы в почвах или недостаточное применение серосодержащих удобрений под картофель являются одними из основных причин вырождения этой культуры [28].

Содержание белка в клубнях и его качество являются важными факторами питания, связанны-

<sup>1</sup> Работа выполнена по теме НИР (Госзадание 121030100228-4).

ми с аминокислотным составом, особенно с достаточным количеством метионина и лизина [29]. Значительное снижение качества белка, измеренного по индексу незаменимых аминокислот, обычно связано с увеличением содержания азота в клубнях и зависит от сортовых особенностей. Нужно учитывать разницу между пищевым и биологическим аспектами, в последнем незаменимые аминокислоты важнее, чем заменимые [7, 30].

Содержание и состав аминокислот и белков клубней картофеля изучали при различных условиях питания растений азотом и фосфором [31]. Клубни разных сортов картофеля существенно различаются по биологической ценности сырого протеина и накоплению в нем аминокислот [32]. Удобрение и почвенные условия являются важным фактором в накоплении белкового и небелкового азота, суммы незаменимых и критических аминокислот в клубнях [33–36]. Небольшие и умеренные дозы удобрений повышают биологическую ценность белка клубней орошаемого картофеля, тогда как повышенные дозы ее снижают [37]. Данные аминокислотного состава клубней картофеля при орошении и внесении серных удобрений в доступной литературе, в т.ч. для условий Западного Забайкалья, отсутствуют. Поэтому цель работы – изучение аминокислотного состава и биологической ценности клубней орошаемого картофеля при применении возрастающих доз серных удобрений на фоне применения NPK.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение влияния возрастающих доз серных удобрений на фоне NPK под картофель сорта Волжанин проводили на орошаемых каштановых супесчаных почвах в Иволгинском р-не Республики Бурятия (с. Иволгинск, N 51°44.6158'0", E 107°16.813'0", h – 544 м н. ур. м.) в 1986–2006 гг. Некоторые характеристики их свойств приведены ранее [38]. Здесь отметим, что валовое (общее) количество серы в каштановых супесчаных почвах невысокое, что связано с малой концентрацией органических веществ (1.5–2.0% гумуса). Распределение серы по профилю – постепенно убывающее на целине и практически нарастающее с глубиной профиля на орошаемой пашне с некоторым снижением в слое 100–120 см. Согласно градации почв по содержанию и запасам подвижной серы [39], каштановые почвы в слое 0–20 см отнесены к низкообеспеченным, хотя при орошении в нижележащих слоях этот показатель возрастает до среднего и высокого уровня. Каштановая почва опытного участка была слабо обеспечена подвижными формами азота, калия и многих микроэлементов.

Система обработки почвы и технология возделывания культуры – общепринятые для региона.

Схема опыта, варианты: 1 – контроль (без удобрений), 2 – N120P60K120 (фон), 3 – фон + S15, 4 – фон + S30, 5 – фон + S60, 6 – фон + S120. Площадь опытной делянки 12.5 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная.

Посадку картофеля производили во 2-й половине мая по схеме 27 × 70 см, уборку осуществляли в конце первой–начале второй декады сентября. Макроудобрения вносили ежегодно: азотные – в виде N<sub>аа</sub>, фосфорные – P<sub>сд</sub>, калийные – K<sub>x</sub> и серные – сульфата аммония (с обязательным учетом содержащегося в нем азота) под глубокую предпосадочную культивацию. Фоновые дефицитные микроудобрения в виде сульфатов цинка, меди и кобальта также применяли под культивацию, но их вносили однократно в расчете на 3 года. Орошение проводили поливной нормой 300 м<sup>3</sup>/га 5–7 раз за вегетационный период в зависимости от погодных условий сезона.

Все химические анализы клубней картофеля выполнены в высушенных образцах. Это сделано в целях фиксации биохимического состава продукции, т.к. известно, что в извлеченных из почвы клубнях биохимические процессы хотя и замедляются, но все же продолжаются. Содержание сухого вещества в клубнях определяли весовым методом, азота и сырого протеина – по Кьельдалю (N<sub>общ</sub> × 6.25), серы – весовым методом [40]. Расчет биоэнергетической эффективности серных удобрений при выращивании картофеля выполнен по методике Минеева [41]. Определение количества аминокислот после 22-часового гидролиза 6 M HCl при t = 105°C проводили на аминокислотном анализаторе марки Т-339М. Расчеты сделаны по методике [42]. Понятие биологическая ценность белков (БЦБ) включает в себя количественное содержание, основанное на точных определениях уровней содержания незаменимых аминокислот, сопоставимых с уровнем тех же аминокислот в стандартном полноценном белке куриного яйца. Оценка БЦБ клубней картофеля была произведена по показателю аминокислотного скоры, индексу незаменимых аминокислот [43]. Аминокислота, скор которой имеет самый низкий показатель, называется первой лимитирующей аминокислотой. Величина скоры этой аминокислоты определяет биологическую ценность и степень усвоения белков.

Статистическая обработка данных проведена в среде электронной таблицы Microsoft Excel.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Данные урожайности картофеля как по годам исследований, так и в среднем за 3 года (табл. 1) свидетельствовали о весьма высокой эффективности фоновых удобрений, среди которых основ-

**Таблица 1.** Продуктивность товарных клубней орошаемого картофеля в зависимости от возрастающих доз серных удобрений (на фоне НРК), т/га

Вариант	Вегетационный сезон				Прибавка урожайности по отношению к				Выход продукции на 1 кг S, кг клубней	Биоэнергетический КПД, ед.
	увлажненный	засушливый	влажный	среднее	контролю		фону			
					т/га	%	т/га	%		
Контроль	23.5	26.2	18.7	22.8	—	—	—	—	—	—
N120P60K120 (фон)	28.6	35.6	32.3	32.2	9.4	41	—	—	—	—
Фон + S15	29.9	38.5	32.7	33.7	10.9	48	1.5	5	100	3.03
Фон + S30	32.1	38.3	32.6	34.3	11.5	50	2.1	7	70	2.95
Фон + S60	30.8	39.2	32.5	34.2	11.4	50	2.0	6	33	2.55
Фон + S120	29.5	40.2	34.5	34.7	11.9	52	2.5	8	21	2.13
S <sub>x</sub> , %	2.0	2.2	1.4	2.6						
HCP <sub>05</sub> , т/га	1.7	2.4	1.3	2.7						

ная роль, как установлено ранее, принадлежит азотным и калийным удобрениям. Применение возрастающих доз серы на фоне N120P60K120 очень слабо влияло на продуктивность культуры. Прибавка урожая в среднем за 3 года оказалась практически на уровне ошибки опыта, т.е. следует выделить только тенденцию к повышению выхода товарных клубней при применении серных удобрений.

Величина биоэнергетического коэффициента была максимальной при внесении серы в дозах 15 и 30 кг/га и снижалась с увеличением дозы. Однако, несмотря на это, все же можно считать, что внесение серных удобрений в дозах 15–30 кг/га экономически рентабельно: выход дополнительной продукции на 1 кг внесенной серы был очень высоким – 70–100 кг клубней.

Внесение возрастающих доз серных удобрений под орошаемый картофель незначительно увеличивало содержание сырого протеина, однако существенно повышало количество аминокислот, в том числе незаменимых, в сухом веществе клубней картофеля в 1.35–1.8 раза по сравнению с контролем и в 1.2–1.5 раза – с фоном (табл. 2). Доля незаменимых аминокислот в общей сумме была относительно стабильной – 30–35%. Выросло и содержание аминокислот в сыром протеине, повышался сбор аминокислот урожаем клубней, но одновременно снижалась оплата аминокислотами 1 кг внесенной серы. Самая высокая оплата была при применении серы 15 и 30 кг/га. Поэтому с учетом содержания и соотношения аминокислот, сбора и оплаты 1 кг внесенной серы аминокислотами доза S30 являлась самой оптимальной при выращивании картофеля на орошаемых каштановых почвах.

Возрастание доз серных удобрений способствовало постепенному увеличению содержания

как незаменимых, так и заменимых аминокислот в клубнях (табл. 3). Тем не менее, интенсивность их накопления снижалась с увеличением количества внесенной серы. Эта тенденция относится также к серосодержащим аминокислотам. Критические аминокислоты – это особо важные вещества, влияющие на реализацию генетического потенциала и способствующие образованию новых молекул белка. В клубнях картофеля критические аминокислоты представлены треонином, метионином, лизином [36].

Аминокислоту, обладающую самым низким скором в белке, называют лимитирующей. Она определяет степень усвоения всего белка, поскольку аминокислоты, поступающие в организм с пищей в избытке относительно лимитирующей, не используются на биосинтез белков и не запасаются впрок. Они быстро распадаются в процессе обмена веществ и выводятся из организма. Все аминокислоты, требуемые для биосинтеза белков, должны присутствовать в клетке одновременно и в доступной форме. В белках с низкой пищевой ценностью лимитирующих аминокислот со скором <100% может быть несколько, в таком случае аминокислота с наименьшим скором считается первой лимитирующей [44].

Использование серных удобрений способствовало увеличению индекса незаменимых кислот и замене лимитирующих аминокислот (метионин + цистин) на лейцин. Возможно, что это было связано с сортовыми особенностями исследованных клубней, хотя известно, что лейцин является аминокислотой, ограничивающей качество белка, содержащегося в сортах картофеля с фиолетовой и красной мякотью, тогда как в сортах с желтой мякотью это в первую очередь, серосодержащие аминокислоты [45].

**Таблица 2.** Содержание аминокислот в сухом веществе и сыром протеине клубней орошаемого картофеля в зависимости от возрастающих доз серных удобрений

Вариант	Сырой протеин, %	Аминокислоты, г/кг	Незаменимые аминокислоты		Содержание аминокислот в протеине, %	Сбор аминокислот, кг/га*		Оплата 1 кг серы аминокислотами, кг*	
			г/кг	% от суммы аминокислот		общая сумма	в т.ч. незаменимых	общей суммой	в т.ч. незаменимыми
Контроль	9.51	42.5	14.4	33.8	44.7	969	328	—	—
N120P60K120 (фон)	9.96	49.5	16.4	30.1	49.7	1590	527	—	—
Фон + S15	10.14	57.4	19.1	33.2	56.6	1940	623	22.7	6.4
Фон + S30	11.12	63.6	20.9	32.9	57.2	2180	718	19.6	6.4
Фон + S60	11.38	70.6	23.7	33.6	62.0	2410	812	13.7	4.7
Фон + S120	11.06	74.7	26.4	35.3	67.6	2590	915	8.3	3.2
HCP <sub>05</sub>	0.29	1.0	0.3						

\*На натуральную влажность.

**Таблица 3.** Аминокислотный состав клубней орошаемого картофеля в зависимости от возрастающих доз серных удобрений, г/кг сухого вещества

Аминокислота	Контроль	N120P60K120 (фон)	Фон + S15	Фон + S30*	Фон + S60*	Фон + S120*
Незаменимые						
Лизин*	1.74	2.24	2.46	2.60	2.98	3.48
Гистидин	0.76	0.96	1.17	1.28	1.76	2.12
Треонин*	1.89	2.00	2.35	2.51	2.87	3.10
Валин	2.34	2.51	2.79	3.10	3.46	3.89
Метионин*	0.37	0.58	0.80	0.92	1.20	1.28
Изолейцин	2.08	2.42	2.82	3.20	3.36	3.84
Лейцин	2.73	2.90	3.00	3.12	3.48	3.76
Фенилаланин	2.46	2.76	3.68	4.20	4.62	4.90
*Сумма критических аминокислот	4.00	3.78	5.61	6.03	7.05	7.86
Заменимые						
Аспарагиновая	6.42	7.77	9.24	11.00	11.60	11.74
Серин	2.36	2.78	2.99	3.24	3.70	3.78
Глутаминовая	5.24	6.66	8.10	9.00	9.84	10.00
Пролин	2.10	2.45	2.74	3.00	3.50	3.62
Глицин	2.56	2.70	2.97	3.24	3.48	3.68
Аланин	3.20	3.50	3.85	4.10	4.64	4.82
Цистин	0.37	0.63	0.81	1.00	1.17	1.46
Тирозин	2.62	2.92	3.00	3.13	3.75	3.78
Аргинин	3.26	3.72	4.64	5.00	5.17	5.48

\*Критические аминокислоты.

Эффективность влияния серных удобрений также проявилась в повышении биологической ценности белка клубней, особенно при внесении S15 и S30, тогда как высокие дозы серы снижали его ценность до уровня контроля (табл. 4).

## ВЫВОДЫ

1. Применение возрастающих доз серы на фоне N120P60K120 слабо влияло на продуктивность

культуры, но имело тенденцию к повышению выхода товарных клубней при применении серы. При этом величина биоэнергетического коэффициента была максимальной при внесении серы в дозах 15 и 30 кг/га и снижалась с увеличением дозы.

2. Несмотря на незначительное увеличение содержания сырого протеина в клубнях, его качество существенно возрастало за счет повышения количества аминокислот, в т.ч. незаменимых.

**Таблица 4.** Химический скор, индекс незаменимых аминокислот и биологическая ценность белка (БЦБ) клубней картофеля при внесении серных удобрений (на фоне NPK)

Аминокислота	Контроль	N120P60K120 (фон)	Фон + S15	Фон + S30	Фон + S60	Фон + S120
Лизин	48.7	67.9	61.9	58.2	67.1	79.4
Треонин	72.7	83.3	81.3	77.3	88.9	97.2
Валин	72.0	83.7	77.2	76.4	85.7	97.6
Метионин + цистин	32.5*	57.6*	63.6	67.6	83.9	98.2
Изолейцин	80.0	100.8	97.5	98.5	104	120
Лейцин	60.0	69.0	59.3*	54.9*	61.6*	67.4*
Фенилаланин + тирозин	130	158	154	150	173	182
Индекс незаменимых аминокислот	70.9	88.6	85.0	83.3	94.9	106
БЦБ, %	61.6	69.0	74.3	71.6	66.7	61.4

\*Лимитирующие аминокислоты.

3. Использование серных удобрений способствовало увеличению индекса незаменимых кислот и замене лимитирующих аминокислот (метионин + цистин) на лейцин.

4. Эффективность влияния серных удобрений также проявилась в повышении биологической ценности белка клубней, особенно при применении S15 и S30, тогда как высокие дозы серы снижали его ценность до уровня контроля.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. FAO, 2009: Statistics Division. [online]. [Cit. 2010-01-02] Available from: FAOSTAT. <https://www.fao.org>
2. Friedman M. Nutritional value of proteins from different food sources. A review // J. Agricult. Food Chem. 1996. V. 44. P. 6–29.
3. Lister C.E., Munro J. Nutrition and health qualities of potatoes – a future focus // Crop Food Res. Confident. Rep. № 143. New Zealand Institute for Crop & Food Research Limited Private Bag 4704, Christchurch, New Zealand. 2000. P. 1–53.
4. Mitrus J., Stankiewicz C., Steć E., Kamecki M., Starczewski J. The influence of selected cultivation on the content of total protein and amino acids in the potato tubers // Plant Soil Environ. 2003. V. 4 (3). P. 131–134.
5. Pełksa A. Białko ziemniaczane charakterystyka właściwości (Potato protein, the profile of properties) // Postępy Nauk Rolniczych. 2003. V. 5. P. 79–94.
6. Pełksa A., Rytel E., Kita A., Lisińska G., Tajner-Czopek A. The properties of potato protein // Potato: Food, nutrition and health. Japan: Global Sci. Books, 2009. P. 79–87. Food 3, Special Iss. 1.
7. Černá M., Kráčmar S. The effect of storage on the amino acids composition in potato tubers // Acta Univ. Agric. Silv. Mendelianae Brun. 2010. V. 58. Iss. 5. P. 49–56. <https://doi.org/10.11118/actaun201058050049>
8. Galdón B.R., Mesa D.R., Rodríguez E.M., Romero C.D. Amino acid content in traditional potato cultivars from Canary Islands // J. Food Composit. Anal. 2010. V. 23. P. 148–153.
9. Bártoová V., Bárta J., Brabcová A., Zdráhal Z., Horacková V. Amino acid composition and nutritional value of four cultivated South American potato species // J. Food Composit. Anal. 2015 (June). V. 40. P. 78–85. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.12.006>
10. Goo Y.M., Kim T.W., Lee M.K., Lee S.W. Accumulation of PrLeg, a perilla legumin protein in potato tuber results in enhanced level of sulphur-containing amino acids // Comptes Rendus Biol. 2013. T. 336. V. 9. P. 433–439.
11. Valcarcel J., Reilly K., Gaffney M., O'Brien N. Total carotenoids and l-ascorbic acid content in 60 varieties of potato grown in Ireland // Potato Res. 2015. № 58. P. 29–41.
12. Blair G.J. Sulfur fertilizers: A global perspective // Inter. Fertil. Soc. 2002. Proceedings No. 498. UK, York, P. 1–36.
13. Blake-Kalff M.M.A., Zhao F.J., McGrath S.P. Sulfur deficiency diagnosis using plant tissue analysis // Inter. Fertil. Soc. 2002. Proceedings No. 503. UK, York, P. 1–22.
14. De Kok L.J., Castro J.A., Durenkamp M., Stuiver C.E., Westerman S., Yang L., Stulen I. Sulfur in plant physiology // Inter. Fertil. Soc. 2002. Proceedings No. 500. UK, York, P. 1–26.
15. Лебедев С.И. Физиология растений. М.: Колос, 1982. 403 с.
16. Плешков Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений. М.: Колос, 1975. 496 с.
17. Rai V.K. Role of amino acids in plant responses to stresses // Biol. Plant. 2002. V. 45. P. 481–487.
18. Eppendorfer W.H., Eggum B.O., Bille S.W. Nutritive value of potato crude protein as influenced by manuring and amino acid composition // J. Sci. Food Agric. 1979. V. 30. P. 361–368.
19. Prasad R., Shivay V.S. Sulphur in soil, plant and human nutrition // Proceedings of the National Academy of Sciences, India – Section B: Biological Sciences. 2016. V. 88 (2). P. 429–434. <https://doi.org/10.1007/s40011-016-0769-0>
20. Westermann D.T., Davis J.R. Potato nutritional management changes and challenges into the next century // Amer. Potato J. 1992. V. 69. P. 753–767.
21. Moinuddin U.S. Influence of combined application of potassium and sulfur on yield, quality, and storage behavior of potato // Commun. Soil Sci. Anal. 2004. V. 35. № 7–8. P. 1047–1060.

22. *Ming Xian Fan, Messick D.L.* Advances in sulfur fertilizer requirement and research for Chinese agriculture: Summary of field trial data from TSI's China project from 1997 to 2003 // Proceedings of the 1 Sino-German Workshop on Aspects of Sulfur Nutrition of Plants 23–27 May 2004 in Shenyang, China. Landbauforsch. Volkenrode. 2005. Sonderh. 2836. P. 15–21.
23. *Singh D.P., Seema J.A., Singh S.P., Singh V.* Effect of sulphur on yield, uptake of nutrients and economics of garlic (*Allium sativum*), onion (*Allium cepa*) and potato (*Solanum tuberosum*) in alluvial soil // Ind. J. Agricult. Sci. 2016. V. 86. Iss. 5. P. 661–665.
24. *Barczak B., Nowak K.* Effect of sulphur fertilisation on the content of macroelements and their ionic ratios in potato tubers // J. Element. 2015. V. 20(1). P. 37–47.
25. *Klikocka H., Kobiałka A., Juszczyk D., Głowacka A.* The influence of sulphur on phosphorus and potassium content in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) // J. Element. 2015. T. 20. V. 3. P. 621–629.
26. *Muttucumaru N., Powers S.J., Elmore J.S., Mottram D.S., Halford N.C.* Effects of nitrogen and sulfur fertilization on free amino acids, sugars, and acrylamide-forming potential in potato // J. Agricult. Food Chem. 2013. V. 61. Iss. 27. P. 6734–6742.
27. *Klikocka H., Haneklaus S., Bloem E., Schnug E.* Einfluss der Schwefeldüngung auf den Befall von Kartoffelknollen (*Solanum tuberosum* L.) mit *Rhizoctonia solani* und *Streptomyces scabies* // Jahresbericht. 2003 / Bundesforschungsanst. Landwirt. Braunschweig, 2003. P. 14.
28. *Аристархов А.Н.* Агрохимия серы. М.: ВНИИА, 2007. 272 с.
29. *Rexen B.* Studies of protein of potatoes // Potato Res. 1976. V. 19. P. 189–202.
30. *Murray R.K., Granner D.K., Mayers P.A., Rodwell V.W.* Harper's Biochemistry. 24<sup>th</sup> ed. Appleton & Lange, 1998. 848 p.
31. *Тавровская О.Л.* Содержание и состав аминокислот и белков клубней картофеля при различных условиях питания растений азотом и фосфором: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1964. 20 с.
32. *Войцешина Н.И.* Сортовые особенности аминокислотного состава клубней картофеля // Висн. Аграр. Науки. 2000. № 9. С. 78–88.
33. *Бутов А.В.* Аминокислотный состав и биологическая ценность белков картофеля в зависимости от удобрений // Научные исследования и разработки в агропромышленном комплексе Липецкой области: Сб. научн. тр. Вып. 2. Елец, 2007. С. 192–196.
34. *Орлов А.Н., Володькин А.А.* Аминокислотный состав клубней картофеля в зависимости от применения регуляторов роста // Достиж. науки и техн. АПК. 2008. № 1. С. 32–33.
35. *Фицура Д.Д.* Влияние удобрений, почвенных условий на основные биологические показатели клубней, предназначенных для производства картофель-лепродуктов // Защита картофеля. 2011. № 1. С. 26–34.
36. *Сокол С.В., Фицура Д.Д.* Влияние природных удобрений на продуктивность и аминокислотный состав клубней при выращивании картофеля по экологизированной технологии в Беларуси // Защита картофеля. 2014. № 1. С. 63–65.
37. *Бутов А.В., Мандрова А.А.* Урожай и качество картофеля при различных дозах удобрений в условиях капельного орошения // Техника и технол. пищ. производств. 2016. Т. 41. № 2. С. 125–131.
38. *Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л., Болонева Л.Н., Лаврентьева И.Н.* Сера в неорошаемых и орошаемых каштановых почвах и оценка применения возрастающих доз серных удобрений (на фоне НРК) под картофель // Агрохимия. 2023. № 3. С. 21–30.
39. *Смирнов Ю.А.* Повышение урожаев и качества сельскохозяйственной продукции при использовании серных удобрений. Обзорн. инфор-я. М., 1985. 61 с.
40. Практикум по агрохимии. Учеб. пособ.: 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. В.Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
41. *Минеев В.Г.* Агрохимия: уч-к. М.: Изд-во МГУ, Колос, 2004. 720 с.
42. Методика физиолого-биохимических исследований картофеля. М.: НИИКХ, 1989. 142 с.
43. *Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А., Колпакова В.В., Витол И.С., Кобелева И.Б.* Пищевая химия. СПб.: ГИОРД, 2003. 640 с.
44. *Молчанова Е.Н., Суслынок Г.М.* Оценка качества и значение пищевых белков // Хранение и переработка сельхозсырья. 2013. № 1. С. 16–22.
45. *Pełksa A., Miedzianka J., Nems A.* Amino acid composition of flesh-coloured potatoes as affected by storage conditions // Food Chem. 2018. V. 266. P. 335–432.

## Amino Acid Composition and Biological Value of Irrigated Potato Tubers on Chestnut Soil at Increasing Doses of Sulfur Fertilizers (with NPK)

M. G. Merkusheva<sup>a, #</sup>, L. L. Ubugunov<sup>a</sup>, L. N. Boloneva<sup>a</sup>, and I. N. Lavrentieva<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Institute of General and Experimental Biology SB RAS  
ul. Sakhyanovoy 6, Ulan-Ude 670047, Russia

<sup>#</sup>E-mail: merkusheva48@mail.ru

Application of sulfur fertilizers at the doses of 15 and 30 kg/ha (with NPK) for irrigated potatoes on chestnut soils of Western Transbaikalia is the most effective for production of marketable tubers with the maximum value of bioenergy coefficient. With increasing the doses of sulfur, in spite of the insignificant increase of crude protein content, the amount of amino acids and the index of essential acids significantly increased in comparison with the control and the background. Replacement of limiting sulfur-containing amino acids (methionine + cystine) with leucine was noted. The highest biological value of potato protein at the level of 72–74% was found at the doses of 15 and 30 S kg/ha (with NPK).

**Key words:** chestnut soils, irrigation, potatoes, mineral fertilizers, sulfur, products, amino acid composition, biological value of tuber protein.