

Эльвира Васильевна Тимошенко^{1✉}, Елена Викторовна Захарова²

^{1,2}Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

¹tim.blag@mail.ru

²elena_zaxarova_1972@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ РУТИНА И АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ЗЕЛЕННОЙ МАССЕ ГРЕЧИХИ ПРИ РАЗЛИЧНОМ МИНЕРАЛЬНОМ ПИТАНИИ

Цель исследований – оценка влияния различных схем предпосевных минеральных удобрений и листовой подкормки фосфорным удобрением на накопление рутина и аскорбиновой кислоты в зеленой массе гречихи сорта Девятка. Полевой опыт проведен на опытном поле отдела семеноводства Дальневосточного государственного аграрного университета, которое относится к южной агроклиматической сельскохозяйственной зоне Амурской области. Почва опытного участка – луговая черноземовидная среднесиловатая, содержание основных элементов питания колеблется от среднего (азот общий – 7,4–9,2 мг/кг; калий обменный – 130–154 мг/кг) до низкого (фосфор подвижный – 29–33 мг/кг); содержание гумуса – 3,6–4,2 %; реакция среды среднекислая (рНсол 5,2–5,3). Полевой опыт включал две схемы. Схема опыта 1 (внесение удобрений непосредственно перед посевом): контроль (без удобрений); N₃₀ (аммиачная селитра); P₃₀ (суперфосфат простой); N₁₅P₄₅ (аммофос); N₁₅K₄₅ (калий сернокислый); P₁₅K₄₅ (фосфорно-калийное удобрение); N₁₅P₃₀K₃₀ (диаммофос). Схема опыта 2 (листовая подкормка жидким суперфосфатом): контроль (без подкормки); суперфосфат в дозе 1,5; 3,0; 4,5 и 6,0 л/га; при расходе рабочего раствора – 300 л/га. Внесение предпосевого удобрения в дозе N₁₅P₄₅ обеспечивало повышение содержания рутина и аскорбиновой кислоты на 27,5 и 44,3 % соответственно по сравнению с контролем. Листовая подкормка жидким суперфосфатом в дозе 4,5 л/га оказалась наиболее эффективной для стимулирования синтеза рутина в надземных органах растения. Наибольший прирост урожайности зеленой массы (до 38,45 ц/га) по сравнению с контрольным вариантом (29,71 ц/га) обеспечивался комплексным внесением NPK (вариант N₁₅P₃₀K₃₀), что свидетельствует о максимальной пользе сбалансированного питания растений, при котором элементы взаимно усиливают свое действие. Проведенные исследования имеют большое значение для оптимизации технологий производства высокопитательной зеленой массы гречихи с целью ее использования в качестве источника для получения ценного витамина Р (рутина).

Ключевые слова: гречиха, сорт, зеленая масса, рутин, аскорбиновая кислота, минеральные удобрения

Для цитирования: Тимошенко Э.В., Захарова Е.В. Содержание рутина и аскорбиновой кислоты в зеленой массе гречихи при различном минеральном питании // Вестник КрасГАУ. 2026. № 3. С. 53–61. DOI: 10.36718/1819-4036-2026-32-53-61.

Elvira Vasilievna Timoshenko^{1✉}, Elena Viktorovna Zakharova²

^{1,2}Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

¹tim.blag@mail.ru

²elena_zaxarova_1972@mail.ru

RUTIN AND ASCORBIC ACID CONTENT IN BUCKWHEAT GREEN MASS WITH DIFFERENT MINERAL NUTRITION

The aim of the study is to evaluate the effect of different schemes of pre-sowing mineral fertilizers and foliar fertilization with phosphorus fertilizer on the accumulation of rutin and ascorbic acid in the green mass of buckwheat of the Devyatka variety. The field experiment was conducted on the experimental field of the Seed Production Department of the Far Eastern State Agrarian University, which belongs to the southern agroclimatic agricultural zone of the Amur Region. The soil of the experimental plot is meadow chernozem-like, medium-deep, the content of basic nutrients ranges from average (total nitrogen – 7.4–9.2 mg/kg; exchangeable potassium – 130–154 mg/kg) to low (mobile phosphorus – 29–33 mg/kg); humus content is 3.6–4.2 %; the reaction of the medium is moderately acidic (pHsol 5.2–5.3). The field experiment included two schemes. Scheme of Experiment 1 (application of fertilizers immediately before sowing): control (no fertilizers); N_{30} (ammonium nitrate); P_{30} (simple superphosphate); $N_{15}P_{45}$ (ammonium phosphate); $N_{15}K_{45}$ (potassium sulfate); $P_{15}K_{45}$ (phosphorus-potassium fertilizer); $N_{15}P_{30}K_{30}$ (diammophos). Experimental design 2 (foliar fertilization with liquid superphosphate): control (no fertilizing); superphosphate at a rate of 1.5; 3.0; 4.5 and 6.0 l/ha; with a working solution consumption rate of 300 l/ha. Application of pre-sowing fertilizer at a rate of $N_{15}P_{45}$ ensured an increase in the content of rutin and ascorbic acid by 27.5 and 44.3 %, respectively, compared to the control. Foliar fertilization with liquid superphosphate at a rate of 4.5 l/ha proved to be the most effective in stimulating rutin synthesis in the aboveground organs of the plant. The greatest increase in green mass yield (up to 38.45 c/ha) compared to the control variant (29.71 c/ha) was ensured by the complex application of NPK (variant $N_{15}P_{30}K_{30}$), which indicates the maximum benefit of balanced plant nutrition, in which the elements mutually enhance their effects. The conducted research is important for optimizing production technologies for highly nutritious buckwheat green mass for its use as a source of valuable vitamin P (rutin).

Keywords: buckwheat, variety, green mass, rutin, ascorbic acid, mineral fertilizers

For citation: Timoshenko EV, Zakharova EV. Rutin and ascorbic acid content in buckwheat green mass with different mineral nutrition. *Bulletin of KSAU*. 2026;(3):53-61. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2026-3-53-61.

Введение. Гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum Moench*) является одной из ценнейших крупяных и медоносных культур, обладающей уникальным биохимическим составом. Растения гречихи представляют собой богатый природный ресурс, содержащий большое количество ценных соединений, среди которых особое значение имеет рутин – витамин Р. Первые витамин Р получил биохимик Альберт Сент-Дьерди в 1936 г., применение его уменьшало ломкость и проницаемость кровеносных капилляров. Название витамин Р (рутин) получено от англ. *permeability* – проницаемость. Это соединение известно своими выраженными антиоксидантными и антигипертензивными свойствами, способствующими снижению риска сердечных заболеваний и повышению прочности капилляров. Наличие аскорбиновой кислоты определяет высокие пищевые, диетические и даже иммуностимулирующие фармакологические достоинства растения. В условиях возрастающего спроса на функциональные продукты питания особую актуальность приобретает задача не только увеличения урожайности, но и целе-

направленного улучшения качественных показателей сельскохозяйственной продукции [1–4].

Одним из основных факторов управления продукционным процессом и метаболизмом растений является минеральное питание. Оптимизация применения макроэлементов является научно обоснованным агроприемом для увеличения не только урожайности биомассы гречихи, но и качества продукции за счет целенаправленной стимуляции биосинтеза витаминов. Наибольший эффект достигается при комплексном применении элементов, где каждый из них играет специфическую роль в метаболических путях, ведущих к образованию целевого флавоноида. Рутин и аскорбиновая кислота накапливаются в вегетативной массе, поэтому питание растений должно быть ориентировано на поддержание ее физиологической активности в течение всего периода вегетации [5, 6].

Минеральные удобрения являются основным источником азота, фосфора, калия. Азот является структурным элементом аминокислот, белков и хлорофилла, оказывает влияние на накопление в растениях витаминов, он важен

для фотосинтетического процесса, дающего энергию, и синтеза аскорбиновой кислоты. Недостаток, так же как и избыток этого элемента, может понижать уровень витамина С в вегетативных и генеративных органах растений. Также недостаток азота угнетает рост и замедляет процесс фотосинтеза, что косвенно снижает накопление всех вторичных метаболитов, включая рутин. В свою очередь, на усвоение азота оказывают действие калий и фосфор. Калий и фосфор необходимы растениям, так как физиологические процессы напрямую с ними связаны. Достаточное обеспечение растений фосфором и калием повышает интенсивность фотосинтеза и направляет поток углеводов на синтез вторичных метаболитов, в т. ч. рутина. Калий способствует оттоку ассимилятов из листьев в репродуктивные органы, увеличивая содержание рутина в цветках и зерне. Благодаря этим процессам осуществляется синтез витаминов, в частности аскорбиновой кислоты и рутина, накопление их в биомассе растений [7].

Изменение соотношений азота, фосфора, калия во вносимых в почву удобрениях отражается как на биохимических, так и на регуляторных процессах выращиваемых сельскохозяйственных культур. Минеральные удобрения, особенно при избыточном внесении азота, часто снижают уровень витамина С, но могут повышать содержание каротинов. Рациональное применение минеральных удобрений обеспечивает сбалансированное питание гречихи, повышает продуктивность растений и способствует увеличению содержания полезных веществ в надземной биомассе, что имеет большое значение для получения сырья фармацевтического и функционального назначения [8–10].

Известно, что потребность разных классов, видов, семейств растений в химических элементах и их соединениях неодинаковая. Накапливаются необходимые для жизнедеятельности минеральные и органические вещества в органах и тканях вариативно. Целый ряд факторов влияет на усвояемость элементов, поступающих в растение из почвы. Содержание химических соединений в растениях, например гречихе, зависит от климатических и погодных условий, состава почвы, технологии возделывания культуры, сортовых особенностей, фазы вегетации [11–13].

Зеленую массу гречихи широко применяют в сельском хозяйстве, она ценится как источник витаминов и биологически активных веществ,

что делает ее перспективной для функционального питания и здорового образа жизни. Состав витаминов может варьироваться в зависимости от вида гречихи, фазы роста и условий выращивания. Зеленая масса представляет интерес и для использования в качестве обогащенной кормовой добавки или источника для получения биологически активных веществ [14–16].

Цель исследований – оценка влияния различных схем предпосевных минеральных удобрений и листовой подкормки фосфорным удобрением на накопление витаминов в зеленой массе гречихи сорта Девятка при выращивании в южной агроклиматической сельскохозяйственной зоне Амурской области на луговых черноземовидных почвах.

Задачи: изучить влияние предпосевных минеральных удобрений на содержание рутина в отдельных частях растений (листья, стебли и соцветия), а также в целом в зеленой массе гречихи – рутина и аскорбиновой кислоты; установить влияние внесения листовой подкормки жидким фосфором на количество рутина и аскорбиновой кислоты в различных частях растений гречихи и зеленой массе; определить действие предпосевных минеральных удобрений и листовых подкормок жидким фосфором на продуктивность зеленой массы растений гречихи сорта Девятка.

Объекты и методы. Исследования проведены в полевых и лабораторных условиях. В опыте была использована гречиха, сорт орловской селекции Девятка, который получил широкое распространение возделывания в Амурской области. Данный сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений по Дальневосточному региону с 2004 г. Полевой опыт был заложен в отделе семеноводства Дальневосточного государственного аграрного университета в 2022–2024 гг. Агрометеорологические условия в годы проведения исследований колебались в пределах среднесезонных показателей и не отличались экстремальными явлениями, такими как аномальная жара, почвенная засуха, или, наоборот, критическое переувлажнение почвы.

Почва опытного участка – луговая черноземовидная среднесиловатая, содержание основных элементов питания колеблется от среднего (азот общий – 7,4–9,2 мг/кг; калий обменный – 130–154 мг/кг) до низкого (фосфор подвижный – 29–33 мг/кг); содержание гумуса – 3,6–4,2 %; реакция среды среднекислая (рН_{сол} 5,2–5,3).

Полевой опыт проведен согласно «Методике полевого опыта» Б.А. Доспехова (1985 г.) [17]. Полевой опыт включал две схемы. Схема опыта 1 (изучение предпосевного удобрения): 1) контроль (без удобрений); 2) N₃₀ (аммиачная селитра); 3) P₃₀ (суперфосфат простой); 4) N₁₅P₄₅ (аммофос); 5) N₁₅K₄₅ (калий сернокислый); 6) P₁₅K₄₅ (фосфорно-калийное удобрение); 7) N₁₅P₃₀K₃₀ (диаммофос). Удобрения вносили поделяночно, локально в рядок, непосредственно перед посевом семян. Схема опыта 2 (изучение листовых подкормок): 1) контроль (опрыскивание водой); 2) P_{1,5}; 3) P_{3,0}; 4) P_{4,5}; 5) P_{6,0}. Листовые подкормки вносили в фазу начала бутонизации, при расходе рабочего раствора 200 л/га, в ранние утренние часы при безветренной погоде. Повторность опыта четырехкратная. Общая площадь делянки составляла 40 м² при изучении предпосевного удобрения и 20 м² – при внесении листовых подкормок. Предшественник в опыте – чистый пар. Предпосевная обработка почвы состояла из ранневсеннего боронования и двух культиваций, вторая – непосредственно перед посевом. Посев проводили селекционной сеялкой СС-11. Срок посева III декада мая. Способ посева – рядовой, с междурядьями 15 см, норма высева – 3,0 млн всхожих семян на гектар.

Учет зеленой массы провели в фазе массового цветения – начала плодоношения путем скашивания учетных делянок площадью 1,0 м²,

в 4-кратной повторности, по диагонали каждой опытной делянки, с последующим пересчетом на 1 га. Взвешивание биомассы проводили непосредственно на поле. Одновременно отбирали пробы зеленой массы для определения выхода сухого вещества и биохимического анализа.

Лабораторные исследования проведены в научных лабораториях кафедры общего земледелия, растениеводства и селекции, кафедры экологии, почвоведения и агрохимии факультета агрономии и экологии Дальневосточного ГАУ. Рутин определяли в зеленой массе и отдельных частях растений гречихи, используя перманганатометрию, количество аскорбиновой кислоты – титриметрическим методом по ГОСТ 24556-89.

Статистическую обработку результатов исследований проводили методами дисперсионного анализа с использованием программ Statistica и MS Excel 2010.

Результаты и их обсуждение. Концентрация рутина в различных частях растения гречихи варьируется при изменении условий выращивания, особенно минерального питания. Результаты исследования (табл. 1) показывают зависимость накопления рутина от различных комбинаций азотных, фосфорных и калийных удобрений, что важно учитывать при разработке агротехнических мероприятий для повышения качества продукции и улучшения ее биологической ценности.

Таблица 1

Количество рутина в различных частях растений гречихи при внесении предпосевных минеральных удобрений (2022–2024 гг.), мг%
The amount of rutin in different parts of buckwheat plants when pre-sowing mineral fertilizers are applied (2022–2024), mg%

Часть растения	Вариант						
	Контроль	N ₃₀	P ₃₀	N ₁₅ P ₄₅	N ₁₅ K ₄₅	P ₁₅ K ₄₅	N ₁₅ P ₃₀ K ₃₀
Листья	2,04 ± 0,03	2,59 ± 0,06	2,91 ± 0,08	1,82 ± 0,06	1,89 ± 0,05	2,18 ± 0,08	2,14 ± 0,05
Стебли	1,21 ± 0,02	1,43 ± 0,07	1,32 ± 0,05	1,66 ± 0,04	1,31 ± 0,03	1,19 ± 0,07	0,89 ± 0,03
Соцветия	1,56 ± 0,05	1,51 ± 0,03	2,04 ± 0,04	2,01 ± 0,07	1,36 ± 0,03	1,57 ± 0,06	1,50 ± 0,07

Анализ полученных результатов указывает на то, что количество рутина в период массового цветения – начала плодоношения при внесении предпосевных минеральных удобрений различного состава в разных частях растений гречихи изменялось. Максимальное содержание рутина отмечено в листьях при внесении фосфорных удобрений в количестве 30 кг на 1 га (P₃₀) – 2,91 мг%, что превышает вариант без

внесения удобрений на 0,87 мг%, или 42,6 % по отношению к контрольному варианту. По содержанию рутина в стеблях гречихи лучшим показателем (1,66 мг%) отмечен вариант при внесении удобрения в составе N₁₅P₄₅, превышение контроля на 0,45 мг%, что составляет 37,2 %. При внесении различных по составу удобрений в почву в соцветиях гречихи синтез рутина осуществляется по-разному. В кон-

трольных образцах (без удобрений) содержание рутина в соцветиях в период массового цветения – начала плодоношения больше, чем в стеблях, но меньше, чем в листьях. Максимальным содержанием рутина отмечен вариант с внесением P₃₀ (2,04 мг%) и N₁₅P₄₅ (2,01 мг%).

В зеленой массе гречихи содержание рутина и аскорбиновой кислоты в зависимости от состава внесенного минерального удобрения также меняется (рис. 1). Полученный результат указы-

вает на снижение количества витаминов в данный период в сравнении с контролем: незначительно рутина, более выражено – аскорбиновой кислоты. Исключением являются растения, собранные на делянках, где в почву вносили перед посевом удобрений азот 15 кг на 1 га и фосфор – 45 кг на 1 га. В зеленой массе гречихи на этих вариантах относительно контроля синтез рутина аскорбиновой кислоты возрос на 27,5 и 44,3 % соответственно.

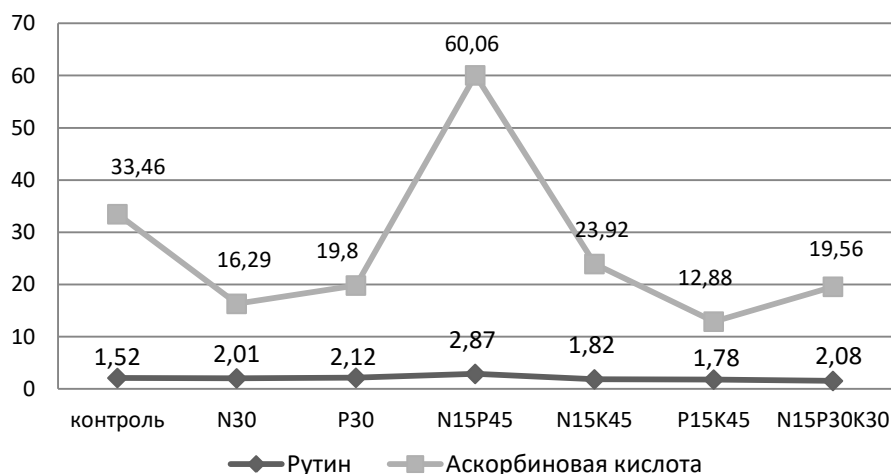


Рис. 1. Содержание рутина и аскорбиновой кислоты в зеленой массе гречихи при внесении минеральных удобрений (2022–2024 гг.), мг%
Content of rutin and ascorbic acid in buckwheat green mass when mineral fertilizers are applied (2022–2024), mg%

При внесении жидкого фосфора в качестве листовой подкормки наблюдается увеличение содержания рутина (мг%) во всех частях растений гречихи по сравнению с контролем. Наиболее эффективной дозой отмечена P_{4,5}. В листьях количество рутина отмечено при этой дозе 3,20 мг%, что на 63 % выше контроля (1,96 мг%).

В стеблях также 1,54 мг%, что на 48 % выше контроля (1,04 мг%). В соцветиях количество рутина увеличивается до 2,07 мг%, что почти вдвое превышает контроль (1,07 мг%). При увеличении дозы до P_{6,0} содержание рутина снижается, что может свидетельствовать об угнетении растений высокой дозировкой.

Таблица 2

Количество рутина в различных частях растений гречихи при внесении листовой подкормки жидким фосфором (2022–2024 гг.), мг%
The amount of rutin in different parts of buckwheat plants when applying liquid phosphorus as a foliar fertilizer (2022–2024), mg%

Часть растения	Вариант				
	Контроль	P _{1,5}	P _{3,0}	P _{4,5}	P _{6,0}
Листья	1,96 ± 0,07	2,04 ± 0,03	2,37 ± 0,05	3,20 ± 0,05	2,64 ± 0,05
Стебли	1,04 ± 0,08	1,15 ± 0,07	1,16 ± 0,05	1,54 ± 0,06	1,21 ± 0,02
Соцветия	1,07 ± 0,06	1,40 ± 0,04	1,56 ± 0,05	2,07 ± 0,07	1,93 ± 0,09

Анализ растительных образцов гречихи показывает, что накопление рутина и аскорбиновой кислоты в зеленой массе в период массового цветения – начала плодоношения при внесении листовой подкормки жидким фосфором происходит по-разному (рис. 2). По сравнению с контролем (2,08 мг%) в гречихе, получающей дополнительно фосфор, количество рутина незначительно снизилось, за исключением растительных образцов, взятых с варианта, где фосфор применяли из расчета 4,5 л на гектар – 2,37 мг%. Аскорбиновой кислоты оказалось больше в зеленой массе гречихи P_{3,0} и P_{6,0} –

36,67 и 35,05 мг% соответственно при содержании в контрольном варианте 33,46 мг%; в других образцах отмечено снижение этого показателя.

Одной из основных задач исследований по возделыванию гречихи как источника рутина, является оптимизация агротехнических приемов, направленных не только на увеличение урожайности, но и на биохимический состав сырья. В таблице 3 приведены данные по влиянию различных доз и комбинаций предпосевного внесения азотных, фосфорных и калийных удобрений на формирование урожайности зеленой массы и содержание в ней рутина.

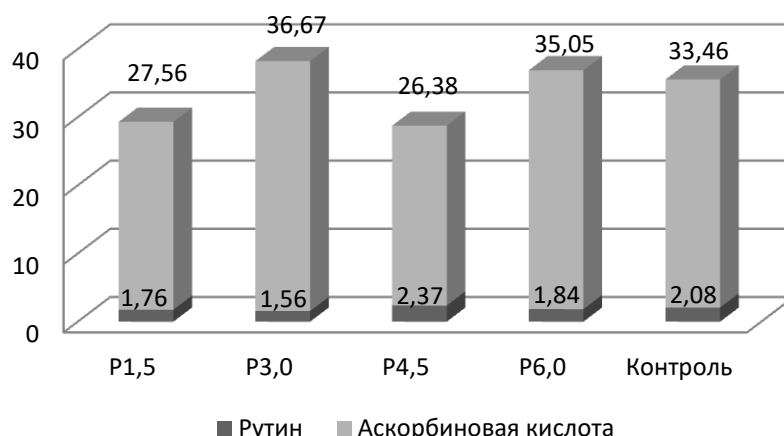


Рис. 2. Содержание рутина и аскорбиновой кислоты в зеленой массе гречихи при внесении листовой подкормки жидким фосфором (2022–2024 гг.), мг%
Content of rutin and ascorbic acid in buckwheat green mass when liquid phosphorus is applied as a foliar fertilizer (2022-2024), mg%

Таблица 3

Продуктивность зеленой массы растений гречихи при внесении предпосевных минеральных удобрений (2022–2024 гг.)
Productivity of buckwheat green mass when pre-sowing mineral fertilizers are applied (2022–2024)

Вариант	Зеленая масса, ц/га	Сухая масса, ц/га	Содержание рутина, мг%	Выход рутина, кг/га
Контроль	29,71	3,20	1,52	45,2
N ₃₀	36,64	4,11	2,01	73,6
P ₃₀	33,82	3,97	2,12	71,7
N ₁₅ P ₄₅	35,67	3,75	2,67	95,2
N ₁₅ K ₄₅	34,75	3,61	1,82	63,2
P ₁₅ K ₄₅	31,83	3,66	1,78	56,7
N ₁₅ P ₃₀ K ₃₀	38,45	4,58	2,08	80,0
HCP ₀₅	4,78	0,95		

Анализ представленных данных позволяет установить, что все варианты с внесением удобрений показали достоверное увеличение зеленой массы по сравнению с контрольным вариантом (29,71 ц/га), что говорит в целом о необходимости дополнительного питания растений. Наибольший прирост урожайности до 38,45 ц/га обеспечивается комплексным внесением NPK (вариант N₁₅P₃₀K₃₀). Это свидетельствует о максимальной пользе сбалансированного питания растений, при котором элементы взаимно усиливают свое действие.

Как показали результаты исследований, максимальный выход рутина не всегда коррелирует с максимальной урожайностью зеленой массы. В варианте с внесением N₁₅P₄₅ не отмечено наивысшей урожайности (35,67 ц/га), но наблюдается рекордное содержание рутина (2,67 мг%) и, как следствие, наибольший его выход с гектара – 95,2 кг/га. Вариант с внесением N₁₅P₃₀K₃₀, лидирующий по урожайности (38,45 ц/га), имел более низкое содержание рутина (2,08 мг%), что привело к меньшему его выходу (80,0 кг/га). Это можно объяснить тем, что фосфор оказывает наиболее выраженное положительное влияние на биосинтез рутина. Варианты P₃₀, и особенно N₁₅P₄₅, демонстрируют высокие значения содержания рутина, что указывает на ведущую

роль фосфора в метаболических процессах образования этого флавоноида. Азот, судя по варианту N₃₀, эффективно увеличивает зеленую массу, но его однокомпонентное применение дает меньшее преимущество в выходе рутина по сравнению с комбинациями с фосфором. Калий в составе комбинаций (N₁₅K₄₅ и P₁₅K₄₅) не показал значительного положительного эффекта на накопление рутина. В опыте по изучению листовых подкормок жидким фосфором нарастание зеленой массы в сравнении с вариантом без обработки вообще не выявлено.

Заключение. Для увеличения выхода рутина с гектара целесообразно применять предпосевное внесение минеральных удобрений. Оптимальным вариантом, как показывают исследования, является внесение N₁₅P₄₅, которое обеспечивает наилучший баланс между урожайностью и высокой концентрацией флавоноида, что и привело к максимальному хозяйственно ценному показателю – выходу рутина (95,2 кг/га). Листовая подкормка жидким суперфосфатом способствует увеличению биосинтеза рутина в гречихе с наиболее выраженным эффектом при дозе 4,5 л/га. Полученные данные имеют практическую значимость для разработки агротехнических приемов при возделывании гречихи в качестве сырья для получения рутина.

Список источников

1. Kalinova J., Triska J, Vrchotova N. Distribution of Vitamin E, Squalene, Epicatechin, and Rutin in Common Buckwheat Plants (*Fagopyrum esculentum* Moench) // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2006. Vol. 54, N 15, P. 5330–5335. DOI: 10.1021/JF060521R.
2. Замарацкая Г., Герхардт К., Кницки М., и др. Гречиха: малоиспользуемая культура с привлекательными вкусовыми качествами и пользой для здоровья // Критические обзоры по пищевой науке и питанию. 2023. № 64, С. 12303–12318. DOI: 10.1080/10408398.2023.2249112.
3. Мысаков Д.С., Крюкова Е.В., Чугунова О.В. Изучение химического состава гречневой муки и ее влияния в смеси с пшеничной мукой на качество хлеба // Интернет-журнал Науковедение. 2015. Т. 7, № 5. С. 144. DOI: 10.15862/72TVN515. EDN: VJKQYJ.
4. Ullah M., Hassan A. Human health benefits from buckwheat nutrients // Open Access Research Journal of Chemistry and Pharmacy. 2021. DOI: 10.53022/oarjcp.2021.1.1.0031.
5. Коберницкий В., Коберницкая Т., Волобаева В., и др. Изучение продуктивности вегетативной массы гречихи на предмет использования в производстве рутина // Издестер, нэтижелер. 2024. № 3. P. 239–247. DOI: 10.37884/3-2024/27. EDN: XCBQRB.
6. Adekiya A.O., Agbede T.M., Aboyeji C.M., et al. Green manures and NPK fertilizer effects on soil properties, growth, yield, mineral and vitamin C composition of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) // Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 2021. Vol. 20, is. 7. P. 492–493. DOI: 10.1016/J.JSSAS.2017.05.005.
7. Bonafaccia G., Marocchini M., Kreft I. Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat // Food Chemistry. 2003. N 80. P. 9–15. DOI: 10.1016/S0308-8146(02)00228-5.

8. Md. Nurul Huda, Shuai Lu, Tanzim Jahan, et al. Treasure from garden: Bioactive compounds of buckwheat // *Food Chemistry*. 2020. Vol. 335. P. 127653–127653. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127653.
9. Kim S., Kim S., Park C. Introduction and nutritional evaluation of buckwheat sprouts as a new vegetable // *Food Research International*. 2004. N 37. P. 319–327. DOI: 10.1016/J.FOODRES.2003.12.008.
10. Тимошенко Э.В., Захарова Е.В. Оценка сортов гречихи по содержанию β -каротина при возделывании в южной зоне Амурской области. В сб.: *Международная научно-практическая конференция «Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития»*. В 5 т., Благовещенск, 18–19 апреля 2024 г. Благовещенск: Дальневосточный ГАУ, 2024. С. 186–194. DOI: 10.22450/978-5-9642-0629-3-186-194. EDN: OGCYNH.
11. Захарова Е.В., Тимошенко Э.В. Содержание витаминов-антиоксидантов в разных сортах гречихи. В сб.: *Всероссийская научно-практическая конференция «Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития»*, Благовещенск, 16–17 апреля 2025 г. Благовещенск: Дальневосточный ГАУ, 2025. С. 68–73.
12. Rahman A., Harker T., Lewis W., et al. Nano and chelated iron fertilization influences marketable yield, phytochemical properties, and antioxidant capacity of tomatoes // *PLOS ONE*. 2023. № 18. DOI: 10.1371/journal.pone.0294033.
13. Mozafar A. Nitrogen fertilizers and the amount of vitamins in plants: a review // *Journal of Plant Nutrition*. 1993. № 16. P. 2479–2506. DOI: 10.1080/01904169309364698.
14. Turatbekova A., Abdukadirova M., Shamuratov S., et al. Investigation of the effect of fertilizers on the biochemical and physical characteristics of carrots (*Daucus carota* L.). In: *E3S Web of Conferences*. 2024. Vol. 563. Art. 03074. DOI: 10.1051/e3sconf/202456303074.
15. Antonious G.F. The Impact of Organic, Inorganic Fertilizers, and Biochar on Phytochemicals Content of Three Brassicaceae Vegetables // *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13, is 15. DOI: 10.3390/app13158801.
16. Горькова И.В., Павловская Н.Е., Даниленко А.Н. Экстракты гречихи посевной и софоры японской как сырьевые источники биологически активных веществ // *Пищевая промышленность*. 2016. № 2. С. 30–32. EDN: WBAHRH.
17. Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

References

1. Kalinova J, Triska J, Vrchotova N. Distribution of Vitamin E, Squalene, Epicatechin, and Rutin in Common Buckwheat Plants (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2006;54(15):5330-5335. DOI: 10.1021/JF060521R.
2. Zamaratskaya G, Gerhardt K, Knitski M, et al. Buckwheat: A Little-Used Crop with Attractive Flavor Profile and Health Benefits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2023;64:12303-12318. (In Russ.). DOI: 10.1080/10408398.2023.2249112.
3. Mysakov DS, Kryukova EV, Chugunova OV. Study of the chemical composition of buckwheat flour and its effect on the quality of bread when mixed with wheat flour. *Internet Journal Naukovedenie*. 2015;7(5):144. (In Russ.). DOI: 10.15862/72TVN515. EDN: VJKQYJ.
4. Ullah M, Hassan A. Human health benefits from buckwheat nutrients. // *Open Access Research Journal of Chemistry and Pharmacy*. 2021. DOI: 10.53022/oarjcp.2021.1.1.0031.
5. Kobernitsky V, Kobernitskaya T, Volobaeva V, et al. Study of the productivity of vegetative mass of buckwheat for the use in the production of rutin. *Searches, results*. 2024;3:239-247. (In Russ.).
6. Adekiya AO, Agbede TM, Aboyeji CM, et al. Green manures and NPK fertilizer effects on soil properties, growth, yield, mineral and vitamin C composition of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2021;20(7):492-493. DOI: 10.1016/J.JSSAS.2017.05.005.
7. Bonafaccia G, Marocchini M, Kreft I. Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat. *Food Chemistry*. 2003;80:9-15. DOI: 10.1016/S0308-8146(02)00228-5.

8. Md. Nurul Huda, Shuai Lu, Tanzim Jahan, et al. Treasure from garden: Bioactive compounds of buckwheat *Food Chemistry*. 2020;335;127653-127653. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127653.
9. Kim S, Kim S, Park C. Introduction and nutritional evaluation of buckwheat sprouts as a new vegetable. *Food Research International*. 2004;37:319-327. DOI: 10.1016/J.FOODRES.2003.12.008.
10. Timoshenko EV, Zakharova EV. Evaluation of buckwheat varieties by β -carotene content when cultivated in the southern zone of the Amur Region. In: International scientific and practical conference. "Agro-industrial complex: problems and development prospects", in 5 vol., Blagoveshchensk, 18–19 Apr 2024. Blagoveshchensk: Far Eastern State Agrarian University; 2024. P. 186–194. (In Russ.). DOI: 10.22450/978-5-9642-0629-3-186-194. EDN: OGCYHX.
11. Zakharova EV, Timoshenko EV. Content of Antioxidant Vitamins in Different Varieties of Buckwheat. In: All-Russian Scientific and Practical Conference "Agro-Industrial Complex: Problems and Prospects of Development", Blagoveshchensk, 16–17 Apr 2025. Blagoveshchensk: Far Eastern SAU; 2025. P. 68–73. (In Russ.).
12. Rahman A, Harker T, Lewis W, et al. Nano and chelated iron fertilization influences marketable yield, phytochemical properties, and antioxidant capacity of tomatoes. *PLOS ONE*. 2023;18. DOI: 10.1371/journal.pone.0294033.
13. Mozafar A. Nitrogen fertilizers and the amount of vitamins in plants: a review. *Journal of Plant Nutrition*. 1993;16:2479-2506. DOI: 10.1080/01904169309364698.
14. Turatbekova A, Abdulkadirova M, Shamuratov S, et al. Investigation of the effect of fertilizers on the biochemical and physical characteristics of carrots (*Daucus carota* L.). In: E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 563. Art. 03074. DOI: 10.1051/e3sconf/202456303074.
15. Antonious GF. The Impact of Organic, Inorganic Fertilizers, and Biochar on Phytochemicals Content of Three Brassicaceae Vegetables. *Applied Sciences*. 2023;13(15). DOI: 10.3390/app13158801.
16. Gorkova IV., Pavlovskaya NE, Danilenko AN. Extracts of Buckwheat and Japanese Sophora as Raw Materials for Biologically Active Substances. *Food Industry*. 2016;2:30-32. (In Russ.). EDN: WBAHRH.
17. Dospikhov BA. *Field Experiment Methodology (with the Basics of Statistical Processing of Research Results)*. Moscow: Agropromizdat; 1985. 351 p. (In Russ.).

Статья принята к публикации 09.02.2026 / The article accepted for publication 09.02.2026

Информация об авторах:

Эльвира Васильевна Тимошенко, заведующая кафедрой общего земледелия, растениеводства и селекции, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Елена Викторовна Захарова, доцент кафедры экологии почвоведения и агрохимии, кандидат биологических наук, доцент

Information about the authors:

Elvira Vasilievna Timoshenko, Head of the Department of General Agriculture, Crop Production, and Breeding, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Elena Viktorovna Zakharova, Associate Professor at the Department of Ecology, Soil Science, and Agrochemistry, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

