

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО
AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT

АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 633.12:631.841.7:631.86

ВЛИЯНИЕ ТРАДИЦИОННОЙ МОЧЕВИНЫ И МОЧЕВИНЫ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ
КУЛЬТУРОЙ *BACILLUS SUBTILIS* Ч-13, НА ФОРМИРОВАНИЕ
ГЕНЕРАТИВНЫХ ОРГАНОВ ГРЕЧИХИ (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH)
У СОРТОВ РАЗЛИЧНЫХ ЛЕТ СЕЛЕКЦИИ

Роман Геннадьевич Иванов, Алексей Николаевич Налиухин,
Сергей Леонидович Белопухов
ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

Аннотация. В период исследований 2023 - 2024 гг. в условиях Московской области на дерново-подзолистой легкосуглинистой слабogleевой почве проведено сравнительное изучение влияния традиционной мочевины и мочевины, модифицированной культурой *Bacillus subtilis* Ч-13 (В.с. Ч-13), на формирование генеративных органов гречихи сортов «Дикуль» и «Даша» с их связь с урожайностью зерна. Установлено, что обработка мочевины штаммом *B.s. Ч-13* способствовала увеличению количества цветков на растении. Количество цветков с сорта гречихи «Дикуль» при применении модифицированной мочевины ($K_{60}+N_{90m}$) в 2024 г. достигло 271,8 шт./растение (+75,8% к контролю), что на 14% выше, чем при использовании традиционной мочевины. Содержание сахара в нектаре цветка гречихи сорта «Дикуль» при применении мочевины, обработанной культурой *B.s. Ч-13* составляет 0,926%, что на 2,1% ниже, чем при применении традиционной мочевины. Модификация мочевины штаммом *B.s. Ч-13* усиливает репродуктивную активность гречихи, но её эффективность зависит от сорта и погодных условий. Для гречихи сорта Даша требуется дозированное применение мочевины в комплексе с *B.s. Ч-13* в целях минимизации стресса и сохранения качества продукции. Результаты исследования позволяют оптимизировать системы удобрения гречихи для одновременно-го повышения урожайности зерна и медоносной продуктивности, что актуально для интеграции растениеводства и пчеловодства в условиях Московской области.

Ключевые слова: гречиха, мочевина, модифицированные удобрения, количество цветков, урожайность зерна.

Для цитирования: Иванов Р.Г., Налиухин А.Н., Белопухов С.Л. Влияние традиционной мочевины и мочевины, модифицированной культурой *bacillus subtilis* ч-13, на формирование генеративных органов гречихи (*fagopyrum esculentum moench*) у сортов различных лет селекции // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 1 (113). С. 3-9.

Original article

EFFECT OF TRADITIONAL UREA AND UREA MODIFIED BY *BACILLUS SUBTILIS*
CH-13 ON THE FORMATION OF GENERATIVE ORGANS OF BUCKWHEAT (*FAGOPYRUM*
ESCULENTUM MOENCH) IN VARIETIES OF DIFFERENT YEARS OF BREEDING

Roman G. Ivanov, Alexey N. Naliukhin, Sergey L. Belopukhov

Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Abstract. During the research period of 2023 - 2024 in the conditions of the Moscow region on sod-podzolic light loamy weakly gley soil, a comparative study of the effect of the traditional urea and the urea modified by the culture *Bacillus subtilis* Ch-13 (B.s. Ch-13) on the formation of the generative organs of buckwheat varieties "Dikul" and "Dasha" with their relationship with grain yields was carried out. It was found that the treatment of the urea with the B.s. Ch-13 strain contributed to an increase in the number of flowers on the plant. The number of flowers from the buckwheat variety "Dikul" with the use of the modified urea ($K_{60}+N_{90m}$) in 2024 reached 271.8 pcs./plant (+75.8% to the control), which is 14% higher than with the use of the traditional urea. The sugar contents in the nectar of the buckwheat flower of the "Dikul" variety when using the urea treated with B.s. Ch-13 culture is 0.926%, which is 2.1% lower than when using the traditional urea. The modification of the urea with the B.s. Ch-13 strain enhances the reproductive activity of buckwheat, but its effectiveness depends on the variety and weather conditions. The buckwheat variety "Dasha" requires a dosed use of the urea in combination with B.s. Ch-13 in order to minimize stress and main-

tain product quality. The results of the research make it possible to optimize buckwheat fertilization systems to simultaneously increase grain yields and honey productivity, which is important for the integration of crop production and beekeeping in the conditions of the Moscow region.

Keywords: buckwheat, urea, modified fertilizers, number of flowers, grain yields.

For citation: Ivanov R.G., Naliukhin A.N., Belopukhov S.L. Effect of traditional urea and urea modified by bacillus subtilis ch-13 on the formation of generative organs of buckwheat (*fagopyrum esculentum moench*) in varieties of different years of breeding // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 1 (113). P. 3-9.

Введение. Отличие гречихи от зерновых колосовых культур заключается в растянутости периода цветения, который совпадает с интенсивным линейным ростом побегов [4]. Семена, сформировавшиеся в течение первой декады цветения, находятся на растении и в созревшем состоянии около месяца и могут осыпаться вследствие перелома плодоножек из-за колебания ветром [5]. Соответственно, изучение динамики цветения гречихи необходимо для разработки эффективных схем внесения удобрений, учитывающих её физиологические особенности. Физиология гречихи, характеризующаяся параллельным протеканием вегетативного роста и цветения, создаёт конкуренцию за питательные ресурсы, что требует строгой балансировки макро- и микроэлементов (N, P, K, B, Zn и др.) для предотвращения угнетения генеративных органов. Растянутое цветение и слабо развитая корневая система усиливает зависимость от внесения удобрений, направленных на поддержку волн цветения и формирования полноценных завязей.

Гречиха цветет на протяжении всего вегетационного периода, но её обильная цветковая продукция не гарантирует высоких урожаев зерна [7]. Исследования, проведенные *Nagano Y., Miyashita T.* (2025) показывают, что примерно 80% цветков, распустившихся утром, остаются открытыми до ночи [11]. В работах *Chen Y., et al* (2024), установлена положительная корреляция между показателями опыления, завязывания семян и общей массой семенного материала на растении [9]. В свою очередь работы *Cordeiro G. D., et al* (2023) показывают, что в условиях температурного стресса гречиха перестает вырабатывать линалоол и индол (основные компоненты цветочного аромата), но сохраняет высокое содержание 2- и 3-метилбутановой кислоты, при этом пчелы, как показал ЭАГ-анализ, реагировали на исчезающие компоненты аромата [8]. В дополнении к изменению химического профиля ароматических соединений, засуха и температурный стресс вызывают снижение числа раскрытых цветков и сокращению производства нектара и пыльцы, что в совокупности приводит к резкому сокращению визита опылителей - особенно выраженному при комбинированном воздействии обоих факторов [9]. При комбинированном воздействии высоких температур и снижения влажности у гречихи дополнительно угнетается синтез нектара и термочувствительных летучих соединений (линалоол, индол), что в сочетании с ранее выявленным сокращением числа открытых цветков создаёт комплексный эффект: пчелы, лишённые ключевых химических сигналов и ресурсов, переключаются на растения с более устойчивым к стрессу нектаровыделением, что приводит к дальнейшему снижению эффективности опыления [6]. Исследования *В.Н. Козила* (2012) показывают, что эффективность пчелоопыления гречихи оценивается в 16,1 ц/га, а доопыление повышает урожайность до 17,9 ц/га [2]. Исследования *Зыкова И.Е., Алексеева М.Е.* и др. (2024) подтверждают наличие прямой зависимости количества и качества урожая гречихи посевной от наличия опылителей во время цветения [1]. Азотные удобрения играют ключевую роль в управлении вегетативным ростом гречихи, однако из избыток может подавлять формирование генеративных органов. В условиях Московской области, где часто наблюдаются резкие перепады температур и влажности, необходимо тщательно балансировать внесение азота под посевы. Разработка адаптивных схем внесения азотных удобрений, обработанных культурой *V.s. Ч-13*, синхронизированных с волнами цветения, в сочетании с управлением опыления, становится ключевым инструментом для минимизации потерь урожая и снижения экологических рисков от использования удобрений. Азотный метаболизм играет ключевую роль в процессе формирования генеративных органов гречихи. При оптимальном внесении азотных удобрений происходит активация синтеза аминокислот, усиление синтеза хлорофилла, стимуляция синтеза фитогормонов. Также при избыточном внесении азотных удобрений наблюдаются негативные эффекты: усиленный рост вегетативной массы, нарушению баланса фитогормонов. Поэтому подбор дозы азотных удобрений в агроклиматических условиях Московской области является актуальной задачей.

Материалы и методы. Исследования по установлению действия традиционных азотных удобрений и удобрений, обработанных культурой *V.s. Ч-13*, на формирование генеративных органов растений гречихи проведены в 2023 - 2024 гг. в ГОУ ВО МО «Государственный гуманитарно-технологический университет» (г.о. Орехово-Зуевский, Московская область) на территории агробио-

логической станции. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая слабоглееватая. Основные агрохимические показатели почвы на опытном участке в среднем за 2023-2024 годы: pH (солевой) - 6,83 (нейтральная реакция); гидролитическая кислотность (H_r) - 2,86 мг-экв/100 г почвы; сумма поглощённых оснований (S) - 7,66 мг-экв/100 г почвы; содержание нитратного азота (N-NO₃) в слое 0-20 см - 5,18 мг/кг почвы; содержание аммонийного азота (N-NH₄) - 3,03 мг/кг почвы; содержание подвижного фосфора (P₂O₅) по методу Кирсанова - 181 мг/кг почвы (V класс обеспеченности); содержание подвижного калия (K₂O) по методу Кирсанова - 134 мг/кг почвы (IV класс - повышенное содержание); общее содержание азота (N_{общ}) - 0,07%; содержание гумуса по методу Тюрина в модификации Симакова - 2,63%; содержание легкогидролизуемого азота (N_{щ.г.}) по Тюрину и Кононовой - 32,5 мг/кг (II класс - низкое). Для определения основных агрохимических показателей почвы применялись стандартные методики.

Перед началом подсчета количества цветов проведен первичный осмотр растения. В ходе которого оценивалось общее состояние, определялось количество основных побегов и генеративных побегов. Учет количества цветов проведен в утренние часы (8-10 ч.) при сухой погоде и отсутствии сильного ветра. Для повышения точности эксперимента проводились повторные учеты через 2-3 дня. Учет количества цветов проведен на 10 типичных растениях.

Схема опыта включала два фактора: фактор А - система удобрения (контроль, K₆₀, K₆₀+N₃₀, K₆₀+N₆₀, K₆₀+N₉₀), фактор В - система биомодифицированного удобрения (контроль, K₆₀, K₆₀+N_{30m}, K₆₀+N_{60m}, K₆₀+N_{90m}). Процесс биомодификации карбамида проводился вручную из расчёта 1 мл *V.s. Ч-13* на 1 г карбамида. После этого смесь подвергалась суточной инкубации в факторостатных условиях при температуре 25 °С и без доступа света. Затем биомодифицированные удобрения вносили вручную на опытные участки. В опытах применялись два сорта растений гречихи: Диккуль (2001) и Даша (2015). Оригинатор и патентообладатель: ФГБНУ ФНЦ зернобобовых и крупяных культур, ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ имени Н. В. Парахина».

Для оценки нектаропродуктивности цветков гречихи применялся метод микробумажек. Метод основан на извлечении нектара из цветков гречихи с помощью специальных тонких фильтровальных бумажек треугольной формы с заостренным краем, что позволяет точно определить содержание нектара в цветках этой культуры. После аппликации бумажек на нектарники цветков гречихи проводилось повторное взвешивание на аналитических весах. По разнице в весе бумажек проводился расчет нектаропродуктивности растений.

Для определения содержания сахаров в нектаре гречихи применялся метод рефрактометрии. Цветы собирались вручную утро (8:00-10:00) в период массового цветения растений. С каждого растения отбирались 10 цветков. Цветки отбирались с 10 типичных растений. Нектар извлекался путем промывки цветков 100 мл дистиллированной воды. Пробы фильтровались через бумажный фильтр. Измерения проводили путём калибровки рефрактометра по дистиллированной воде (0°Vx), нанесения 2-3 капель пробы на измерительную призму и считывания значения в °Vx. Далее результат пересчитывали на 1 цветок и выражали в %. Потенциальная медопродуктивность (кг/га) рассчитывалась математически как произведение нектаропродуктивности (кг/га) коэффициент перевода нектара в мёд (0,75). Валовой сбор сахара также рассчитывалось математически. Урожай зерна учитывали поделочно с приведением к стандартной влажности 14%. Все эксперименты проведены в четырехкратных повторностях. В качестве основного метода математической обработки данных применялся двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями.

Результаты и их обсуждение. Биомодифицированные азотные удобрения демонстрируют потенциал для повышения продуктивности гречихи, но их эффективность может определяться сортом растения и дозой азота. Оптимальная стратегия - комбинировать стандартные и биомодифицированные формы, учитывая сортовые особенности и климатические условия. Например, мочевины, обработанная *V.s. Ч-13* в дозе 60 кг/га, демонстрирует стабильный прирост количества цветков у обоих сортов, что делает её наиболее перспективным вариантом. Мочевина в сочетании с *V.s. Ч-13* требует осторожного применения: высокая эффективность у гречихи сорта Диккуль (271,8 шт./раст.), сочетается с риском снижения продуктивности у сорта Даша (165,0 шт./раст.). Для стимуляции цветения гречихи в агроклиматических условиях Московской области для гречихи сорта Даша предпочтительнее стандартные удобрения, для гречихи сорта Диккуль биомодифицированные, особенно в высоких дозах. В 2024 году у гречихи сорта Диккуль при применении мочевины, обработанной культурой *V.s. Ч-13*, зафиксирован рекордный показатель по количеству цветков (271,8 шт.), что на 42% выше, чем на контроле. У гречихи сорта Даша в 2024 году традиционная мочевина (N₉₀) сохраняет эффективность (227,0 шт./раст.), но мочевина, обработанная культурой *V.s. Ч-13*, приводит к снижению показателя до 165,0 шт./раст. (табл.1). Оптимальное число цветков определяется сортовой физиологией и точным управлением азотным питанием растений гречихи.

Таблица 1 - Количество цветов (шт./раст.) и урожайность растений гречихи (ц/га) (2023 - 2024 гг.)

Вариант	Количество цветов, шт./ раст				Урожайность зерна, ц/га			
	2023		2024		2023		2024	
	Дикуль	Даша	Дикуль	Даша	Дикуль	Даша	Дикуль	Даша
Контроль	161,0	156,0	154,8	144,0	10,3	9,0	9,3	8,6
K ₆₀	156,5	161,0	125,3	144,7	10,5	10,5	9,0	8,7
K ₆₀ +N ₃₀	181,0	172,5	171,8	168,3	12,7	13,0	11,8	11,9
K ₆₀ +N ₆₀	193,7	200,5	164,3	174,5	15,7	15,9	12,0	11,7
K ₆₀ +N ₉₀	201,7	230,0	238,3	227,0	13,7	10,7	12,5	10,0
K ₆₀ +N _{30m}	183,7	193,3	173,0	160,5	13,1	17,5	11,0	11,4
K ₆₀ +N _{60m}	187,5	214,5	201,0	178,5	15,9	17,1	13,7	13,7
K ₆₀ +N _{90m}	183,0	227,0	271,8	165,0	10,7	9,65	12,9	9,5
HCP05 ^{AB}	1,6	0,8	1,2	1,1	1,6	1,7	1,0	0,9
HCP05 ^A	3,6	1,8	3,8	3,4	8,0	8,4	2,0	2,0
HCP05 ^B	2,3	1,1	2,2	2,0	3,2	3,4	5,0	5,0

Отметим, что в агроклиматических условиях Московской области увеличение количества цветков не обеспечивает прирост урожайности зерна растений гречихи исследуемых сортов. Выводы по урожайности зерна (ц/га) и количеству цветков (шт./раст) растений гречихи показывают, что существует прямая корреляция между количеством цветков и урожайностью зерна только при умеренных дозах азота (N₃₀-N₆₀). Например, у гречихи сорта Даша в 2023 году при применении K₆₀+N_{60m} наблюдалось 214,5 цветков на растении и урожайность 17,1 ц/га, а у гречихи сорта Дикуль в 2024 году при K₆₀+N_{60m} - 201,0 цветков и 13,7 ц/га. В свою очередь, высокие дозы мочевины обеспечивают увеличение ремонтантности цветения. У гречихи сорта Дикуль в 2024 году при применении мочевины, обработанной культурой V.s. Ч-13 в дозе 90 кг/га, было 271,8 цветков на растении, но урожайность составляет всего 12,9 ц/га, что на 6% меньше, что при дозе мочевины в 60 кг/га в сочетании с V.s. Ч-13.

Таким образом, максимальная урожайность достигается при дозе карбамида в 60 кг/га, обработанного культурой V.s. Ч-13, который поддерживает равновесие между нитратредуктазной активностью и ёмкостью пула углеводов - ключевого фактора формирования полноценных зерновок. Это подтверждается полученными данными: у обоих сортов на варианте опыта K₆₀+N_{60m} наблюдаются высокие показатели (15,9 - 17,1 ц/га), тогда как избыток цветков при N_{90m} не конвертируется в зерно из-за лимита АТФ и дисрегуляции ауксинцитокининового баланса, критичного для развития эндосперма. Высокая цветочная продуктивность не гарантирует урожайность, если растение не способно поддерживать энергетический гомеостаз и гормональный баланс, необходимый для преобразования цветков в полноценные зерновки. Оптимальные дозы (N_{60m}) обеспечивают компромисс между усвоением азота и ресурсами для развития семян. Избыточное цветение гречихи, вызванное применением в хозяйствах высоких доз азота, целесообразно трансформировать в ресурс для альтернативного источника дохода, компенсируя снижение урожайности зерна. Например, производство мёда, биоактивные экстракты, агротуризм. Таким образом, проблема перенасыщения азотом превращается в возможность создания мультипродуктивной модели агрохозяйства, где цветки становятся ключевым активом, а не побочным эффектом. Это снижает риски монокультурной зависимости и повышает устойчивость агробизнеса (табл. 2).

Содержание сахара (%) в цветках гречихи и их количество связаны нелинейно. До оптимального числа цветков (сортотипа) сахаристость растёт за счёт синергии и транспорта. При превышении порога начинается конкуренция за ресурсы, что приводит к падению содержания сахара в цветках. Мочевина, обработанная культурой V.s. Ч-13, смещает оптимум в сторону меньшего числа цветков, но более высокой сахаристости, что идеально для производства мёда. Анализ данных показывает, что мочевина, обработанная культурой V.s. Ч-13, оказывает различное влияние на содержание сахара (%) в цветках сортов гречихи Дикуль и Даша. Для гречихи сорта Даша максимальное содержание сахара (0,951%) достигается при применении мочевины, обработанной культурой V.s. Ч-13, в дозе 60 кг/га в 2024 г., что на 8,2% выше, чем при применении традиционной мочевины (N₆₀) в 2023 году. Зависимость можно объяснить тем, что обработка мочевины V.s. Ч-13 снижает токсичность NH₄⁺, улучшая усвоение азота и перераспределяет ресурсы в пользу синтеза сахаров. Снижение сахаристо-

сти у гречихи сорта Даша при применении мочевины, обработанной культурой В.с. Ч-13 в дозе 60 кг/га, связано с физиологическим дисбалансом, вызванным избыточным числом цветков.

Биомодификация $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ снижает токсичность аммония, но не устраняет конкуренцию за ресурсы между цветками. Для гречихи сорта Даша критично соблюдать лимит в 160-180 цветков, что достижимо при применении мочевины в дозе 60 кг/га совместно с микробным компонентом, содержащим культуру В.с. Ч-13. Для гречихи сорта Дикуль применение мочевины, обработанной В.с. Ч-13, в агротехнологии смягчает нитратный стресс, сохраняя баланс между ростом количества цветков и содержанием сахара в них. Так, применение мочевины в дозе 90 кг/га совместно с В.с. Ч-13 в 2024 г. обеспечивает содержание сахара 0,926%, что выше, чем при использовании N_{90} (0,908%). Оптимальные дозы мочевины для гречихи сорта Даша - N_{90} (0,944%) и $\text{N}_{60\text{m}}$ (0,951% в 2024 г.), а для гречихи сорта Дикуль - N_{90} (0,933% в 2023 г.) и $\text{N}_{90\text{m}}$ (0,926% в 2024 г.). Наблюдается обратная зависимость между дозой мочевины и сахаристостью без применения микробного удобрения. Для гречихи сорта Даша на варианте опыта $\text{K}_{60}+\text{N}_{60}$ сахаристость 0,761% (2024 г.), а N_{90} - 0,944%, что может быть связано со стрессовым синтезом сахаров. Сравнение с контролем показывает, что для гречихи сорта Даша при применении $\text{N}_{60\text{m}}$ достигается +6,5% к сахаристости по сравнению с контролем (0,893% в 2024г.), а для гречихи сорта Дикуль при $\text{N}_{90\text{m}}$ - +2,3% к контролю (0,905% в 2024 г.). Применение микробного удобрения, содержащего культуру В.с. Ч-13, компенсирует дефицит питания без вызова дисбаланса (табл. 2).

Таблица 2 - Содержание сахара (%) и валовый сбор сахара с единицы посевной площади (кг/га)

Вариант	Содержание сахара, % цветков				Валовый сбор сахара, кг/га			
	2023		2024		2023		2024	
	Дикуль	Даша	Дикуль	Даша	Дикуль	Даша	Дикуль	Даша
Контроль	0,930	0,902	0,905	0,893	50,90	46,0	44,1	39,0
K_{60}	0,828	0,803	0,815	0,854	44,04	42,2	32,2	37,4
$\text{K}_{60}+\text{N}_{30}$	0,922	0,897	0,897	0,878	57,09	50,6	48,6	44,8
$\text{K}_{60}+\text{N}_{60}$	0,866	0,838	0,843	0,761	57,00	55,0	43,7	40,3
$\text{K}_{60}+\text{N}_{90}$	0,933	0,939	0,908	0,944	64,02	70,6	68,2	64,7
$\text{K}_{60}+\text{N}_{30\text{m}}$	0,861	0,871	0,889	0,827	53,85	54,9	48,6	40,2
$\text{K}_{60}+\text{N}_{60\text{m}}$	0,929	0,879	0,904	0,951	59,06	61,8	57,3	51,5
$\text{K}_{60}+\text{N}_{90\text{m}}$	0,932	0,849	0,926	0,899	57,96	63,3	79,3	44,9
HCP05^{AB}	0,08	0,1	0,08	0,1	-	-	-	-
HCP05^{A}	0,2	0,3	0,2	0,3	-	-	-	-
HCP05^{B}	0,1	0,2	0,1	0,2	-	-	-	-

Исследования О.Ф. Тимчишина (2014) показывают, что медопродуктивность и нектаропродуктивность растений гречихи зависят от минерального питания [3].

Таблица 3 - Продукция нектара и потенциальная медопродуктивность растений гречихи (кг/га)

Вариант	Продукция нектара, кг/га				Продуктивность меда, кг/га			
	2023		2024		2023		2024	
	Дикуль	Даша	Дикуль	Даша	Дикуль	Даша	Дикуль	Даша
Контроль	115,0	122,5	77,9	86,6	96,42	102,92	73,8	72,73
K_{60}	91,85	109,5	62,9	85,6	77,21	91,95	52,9	71,91
$\text{K}_{60}+\text{N}_{30}$	82,9	78,6	59,3	71,2	69,69	66,00	49,8	59,79
$\text{K}_{60}+\text{N}_{60}$	120,5	140,8	81,2	128,5	100,91	118,31	68,2	107,94
$\text{K}_{60}+\text{N}_{90}$	142,3	130,5	137,6	127,8	119,76	109,66	115,0	107,37
$\text{K}_{60}+\text{N}_{30\text{m}}$	120,1	136,4	105,1	112,0	100,73	114,54	88,2	94,07
$\text{K}_{60}+\text{N}_{60\text{m}}$	121,4	155,2	125,8	95,9	127,54	130,39	105,0	80,58
$\text{K}_{60}+\text{N}_{90\text{m}}$	179,4	193,1	191,8	121,7	150,64	162,20	161,0	102,23

Для максимизации продуктивности сбора мёда растениями необходимо учитывать влияние удобрений, доз азота и других факторов, а также соблюдать рекомендации для оптимизации условий выращивания гречихи. Гречиха сорта Диккуль демонстрирует высокую продуктивность при применении мочевины, обработанной культурой *V.s. Ч-13*, в дозе 90 кг/га. Продукция нектара достигла 191,8 кг/га (2024 г.), а потенциальная медопродуктивность составила 161, кг/га. Для сравнения, при применении традиционной мочевины ($K_{60}+N_{90}$) показатели составляют 137,6 кг/га нектара и 115,0 кг/га мёда, что уступает модифицированному аналогу. Гречиха сорта Даша демонстрирует чувствительность к высоким дозам азота. При применении $K_{60}+N_{90m}$ продукция нектара снизилась до 121,7 кг/га, а медопродуктивность - до 102,23 кг/га (табл. 3).

Таким образом, гречиха сорта Диккуль с модифицированной мочевиной в дозе 90 кг/га является оптимальным решением для интеграции растениеводства и пчеловодства. Для гречихи сорта Даша требуется адаптивная система удобрений.

Выводы. Гречиха сорта Диккуль демонстрирует наибольшую эффективность при применении $K_{60}+N_{90m}$, достигая рекордного количества цветов (271,8 шт./раст) в 2024 году, однако урожайность зерна снижается при высоких дозах азота. Для гречихи сорта Даша оптимальны умеренные дозы ($K_{60}+N_{60m}$), обеспечивающие баланс между количеством цветов (214,5 шт./раст в 2023 г.) и стабильной урожайностью зерна (13,7 ц/га в 2024 г.), что указывает на её чувствительность к избытку азота в стрессовых условиях. Сорт Диккуль демонстрирует максимальный валовый сбор сахара (79,3 кг/га в 2024 г.) при применении $K_{60}+N_{90m}$, несмотря на незначительное снижение содержания сахара в цветках. Для сорта Даша оптимальны варианты $K_{60}+N_{90}$ (содержание сахара 0,944% в 2024 г.) и $K_{60}+N_{60m}$ (0,951%), однако избыток модифицированного азота (N_{90m}) снижает валовый сбор до 44,9 кг/га, что указывает на необходимость применения умеренных доз. Применение удобрений должно учитывать специфику сортов - для сорта Диккуль целесообразно использовать $K_{60}+N_{90m}$ для максимизации валового сбора сахара, тогда как сорту Даша требуются умеренные дозы азота ($K_{60}+N_{60m}$ или $K_{60}+N_{90}$) для поддержания баланса между количеством цветков, урожайностью зерна и содержанием сахара.

Список источников

1. Влияние антофильных насекомых на рост и развитие гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum* Moench) / И.Е. Зыков и др. // Успехи современного естествознания. 2024. № 3. С. 8-13.
2. Белкина Р.И., Першаков А.Ю., Нестерова Е.В. Сорт как фактор повышения продуктивности гречихи // Агропродовольственная политика России. 2025. № 3 (116). С. 10-18.
3. Цыганов А.Р., Полховская И.В., Полховский Н.Д. Повышение производства зерна гречихи в Беларуси путем оптимизации минерального питания // Наше сельское хозяйство. 2020. № 9 (233). С. 42-49.
4. Бирюкова О.В. Сравнительная оценка устойчивости к осыпанию сортов гречихи различного морфотипа // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2021. Т. 8, № 1-2. С. 14-17.
5. Transpiration activity of leaves in buckwheat varieties of different breeding periods / A. Amelin, A. Fesenko, V. Zaikin et al. // BIO Web of Conferences, Orel, 23–24 марта 2022 г. Vol. 47. EDP Sciences: EDP Sciences, 2022. P. 01002.
6. Наумкин В.П. Влияние медоносных пчел на повышение урожайности и медопродуктивности гречихи посевной. Орел: Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина, 2022. 56 с.
7. Adachi T. How to combine the reproductive system with biotechnology in order to overcome the breeding barrier in buckwheat // *Fagopyrum*. 1990. Т. 10, № 1. С. 7-11.
8. Cordeiro G. D., Dotterl S. Floral scents in bee-pollinated buckwheat and oilseed rape under a global warming scenario // *Insects*. 2023. Т. 14, № 3. С. 242.
9. Drought and High Temperatures Impact the Plant-Pollinator Interactions in *Fagopyrum esculentum* / C. Defalque et al. // *Plants*. 2025. Т. 14, № 1. С. 131.
10. Nagano Y., Miyashita T. Contribution of nocturnal moth pollination to buckwheat seed set // *Arthropod-Plant Interactions*. 2025. Т. 19, № 1.

Информация об авторах:

Р.Г. Иванов - аспирант кафедры агрономической, биологической химии и радиологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, ivanovroman_19@mail.ru.

А.Н. Налиухин - доктор сельскохозяйственных наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой агрономической, биологической химии и радиологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева.

С.Л. Белопухов - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры химии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева.

Information about the authors:

R.G. Ivanov - Postgraduate student of the Department of Agronomy, Biological Chemistry and Radiology, Russian State Agrarian University-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, ivanovroman_19@mail.ru.

A.N. Naliukhin - Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Acting Head of the Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy.

S.L. Belopukhov - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Chemistry, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 06.08.2025, одобрена после рецензирования 18.09.2025, принята к публикации 23.12.2025.

The article was submitted 06.08.2025, approved after reviewing 18.09.2025; accepted for publication 23.12.2025.

© Иванов Р.Г., Налиухин А.Н., Белопухов С.Л.