

ОТЗЫВЧИВОСТЬ СОРТОВ ГРЕЧИХИ ОБЫКНОВЕННОЙ НА НЕКОРНЕВЫЕ ПОДКОРМКИ КОМПЛЕКСНЫМИ УДОБРИТЕЛЬНЫМИ СОСТАВАМИ

Л.Р. КЛИМОВА, младший научный сотрудник,
<https://orcid.org/0000-0002-7333-2386>, E-mail: li21@mail.ru
Ф.З. КАДЫРОВА*, доктор сельскохозяйственных наук,
<https://orcid.org/0000-0001-7093-3269>,
Р.В. МИНИКАЕВ*, доктор сельскохозяйственных наук,
<https://orcid.org/0000-0002-0860-2642>

ТАТАРСКИЙ НИИСХ ФИЦ КАЗНЦ РАН, Г. КАЗАНЬ

* КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, Г. КАЗАНЬ

Аннотация. В рамках трёхлетнего полевого двухфакторного эксперимента (2019–2021 гг.), проведённого на серой лесной среднесуглинистой почве в условиях Среднего Поволжья, исследована сортоспецифическая реакция гречихи посевной на некорневые подкормки комплексными удобрительными составами и в различные фенологические фазы. Цель исследования – оценить реакцию сортов гречихи на некорневые подкормки комплексными удобрительными составами в условиях Среднего Поволжья. Объектами исследования были выбраны сорт Батыр и гибридная популяция К-990. Выявлена контрастная сортоспецифическая реакция. Сорт Батыр проявлял устойчивую положительную отзывчивость, средняя урожайность за три года была максимальной при подкормке в фазу побурения плодов (1,66 т/га). Сортообразец К-990 демонстрировал экстенсивный тип реакции: максимальная урожайность в среднем за три года – на контроле (1,55 т/га). Максимальное увеличение натурной массы отмечено при подкормке в фазу побурения плодов у обоих генотипов: +4 г/л (0,7%) у Батыра и +6 г/л (1,2%) у сортообразца К-990. В среднем за три года масса тысячи семян была выше контроля (+1,6 г) при подкормке в фазу цветения. В целом эффективность некорневой подкормки комплексными удобрениями критически зависит от генотипических особенностей гречихи и гидротермических условий вегетационного периода. Сорт Батыр характеризуется устойчивой положительной отзывчивостью, при этом оптимальные сроки внесения дифференцируются: фазы начала цветения или побурения плодов – в благоприятные годы, фаза плодообразования – в условиях засухи. Сортообразец К-990 проявляет положительный отклик исключительно в экстремально засушливых условиях при подкормке в фазу плодообразования, демонстрируя негативную реакцию в благоприятные годы. Подкормка в фазу побурения плодов является универсальным приёмом для повышения натурной массы зерна. Полученные данные подчёркивают необходимость строго дифференцированного подхода к применению некорневых подкормок с учётом сортовой специфики и складывающихся метеорологических условий.

Ключевые слова: гречиха обыкновенная, сорт, некорневая подкормка, микроэлементы, продуктивность, качественные показатели.

Для цитирования: Климова Л.Р., Кадырова Ф.З., Миникаев Р.В. Отзывчивость сортов гречихи обыкновенной на некорневые подкормки комплексными удобрительными составами. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2026. № 2 (58): 81–88. DOI: 10.24412/2309-348X-2026-2-81-88

RESPONSIVENESS OF BUCKWHEAT VARIETIES TO FOLIAR TOP DRESSING WITH COMPELX FERTILIZERS

L.R. Klimova, F.Z. Kadyrova*, R.V. Minikaev*

Abstract. *A three-year field two-factor experiment (2019-2021) was conducted on grey forest medium loamy soil in the Middle Volga region to investigate the cultivar-specific response of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.) to foliar applications of complex fertilizer formulations at different phenological stages. The aim of the study was to evaluate the response of buckwheat cultivars to foliar fertilization with complex fertilizers under the conditions of the Middle Volga region. The objects of the study were the cultivar Batyr and the hybrid population K-990. A contrasting cultivar-specific response was revealed. The cultivar Batyr exhibited a consistently positive response, with the highest average three-year yield achieved when fertilized at the fruit browning stage (1.66 t/ha). The accessional form K-990 demonstrated an extensive type of response: the maximum average three-year yield was recorded in the control treatment (1.55 t/ha). The greatest increase in test weight was observed following fertilization at the fruit browning stage for both genotypes: +4 g/L (0.7%) for Batyr and +6 g/L (1.2%) for the accessional form K-990. Averaged over three years, the thousand-seed weight was higher than the control (+1.6 g) when fertilization was applied at the flowering stage. Overall, the effectiveness of foliar fertilization with complex fertilizers critically depends on the genotypic characteristics of buckwheat and the hydrothermal conditions of the growing season. The cultivar Batyr is characterized by a consistently positive response, while the optimal application timing varies: beginning of flowering or fruit browning stages in favorable years, and the fruit-setting stage under drought conditions. The accessional form K-990 shows a positive response only under extremely arid conditions when fertilized at the fruit-setting stage, exhibiting a negative response in favorable years. Fertilization at the fruit browning stage is a universal practice for increasing grain test weight. The obtained data underscore the need for a strictly differentiated approach to the application of foliar fertilizers, taking into account cultivar specificity and prevailing meteorological conditions.*

Keywords: buckwheat, variety, foliar top dressing, trace elements, productivity, qualitative indicators.

Введение

В современных условиях обеспечение высококачественного урожая сельскохозяйственных культур требует интенсификации производства [1, 2]. Некорневые подкормки микроэлементами представляют собой один из эффективных агроприемов такой интенсификации, позволяющий минимизировать негативное воздействие на окружающую среду [3]. Гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum* Moench) – ценная крупяная культура, урожайность которой значительно варьирует в зависимости как от метеорологических условий, так и от применяемых агротехнологий [4, 5]. Ряд исследований свидетельствует о положительном влиянии микроэлементов на продуктивность гречихи обыкновенной [6, 7, 8], при этом установлена отзывчивость различных сортов культуры на данный агроприем [9].

Цель исследования – оценить реакцию сортов гречихи на некорневые подкормки комплексными удобрительными составами в условиях Среднего Поволжья.

Условия, материалы и методы исследований

Исследования проводились на экспериментальных полях Казанского ГАУ, расположенных в Лаишевском муниципальном районе республики Татарстан с 2019 по 2021 гг. Почва участка – серая лесная среднесуглинистая. Содержание обменного калия (по А.Т. Кирсанову) составляло 92...120 мг/кг почвы, подвижного фосфора (по А.Т. Кирсанову) было 219...250 мг/кг почвы. Содержание гумуса изменялось от 3,6 до 4,0%. Кислотность почвенного раствора в солевой вытяжке колебалась в пределах 6,3-6,6 ед. рН. Содержание микроэлементов в пахотном слое было следующим: цинка – 0,69 мг/кг; меди – 5,41 мг/кг; марганца – 67,1 мг/кг; кобальта – 0,87 мг/кг; молибдена – 0,18 мг/кг; бора – 1,10 мг/кг; серы – 11,9 мг/кг.

Посев осуществлялся селекционной сеялкой Wintersteiger рядовым способом с нормой высева 2,0 млн всхожих семян на 1 га при наступлении теплой антициклональной погоды и прогревании почвы на глубине заделки семян до 10°C. Технология обработки почвы и ухода

за посевами – общепринятая для республики Татарстан. Повторность опыта четырёхкратная, расположение вариантов рандомизированное. Общая площадь делянки –15 м², учётная – 10 м². Учёт урожая проводили путём обмолота зерна с учётной площади.

Опыт был заложен по схеме двухфакторного опыта, где:

Фактор А – сорта гречихи обыкновенной селекции Татарского НИИСХ. Для анализа были выбраны сорт Батыр, относящийся к «краснострелецкому» морфобиотипу и гибридная популяция К-990, состоящая из растений, имеющих фасциации стебля и соцветия.

Фактор В – сроки внесения листовых подкормок баковой смесью, содержащей 650 г/л фосфора, 855 г/л калия, 15,2 г/л меди, 6,4 г/л железа, 20,8 г/л марганца, 14,5 г/л цинка, 48 г/л магния, 760 г/л серы, 60 г/л азота, через три дня обработка вегетирующих растений рабочим раствором, содержащим 134 г/л азота, 150 г/л бора и 500 г/л марганца:

Схема опыта:

1. Контроль, без подкормок.
2. Некорневая подкормка в фазу начало цветения.
3. Некорневая подкормка в фазу начало плодообразования.
4. Некорневая подкормка в фазу начало побурения плодов.

Многолетние исследования, проведенные в условиях Татарского НИИСХ, показали, что оптимальный режим среднесуточных температур для роста и развития растений гречихи обыкновенной находится в диапазоне от +18 до +20°C (Н.Н. Петелина, Г.В. Савинова, Ф.З. Шакурова, 1972).

Фаза всходов на протяжении всего периода исследования характеризовалась неблагоприятным температурным режимом. В 2019 и в 2020 году среднесуточная температура была ниже нижней границы нормы на 8,1 и 5°C соответственно, тогда как в 2021 году среднесуточная температура в фазу всходов была выше на 2,3°C верхней границы оптимального значения (рис. 1).

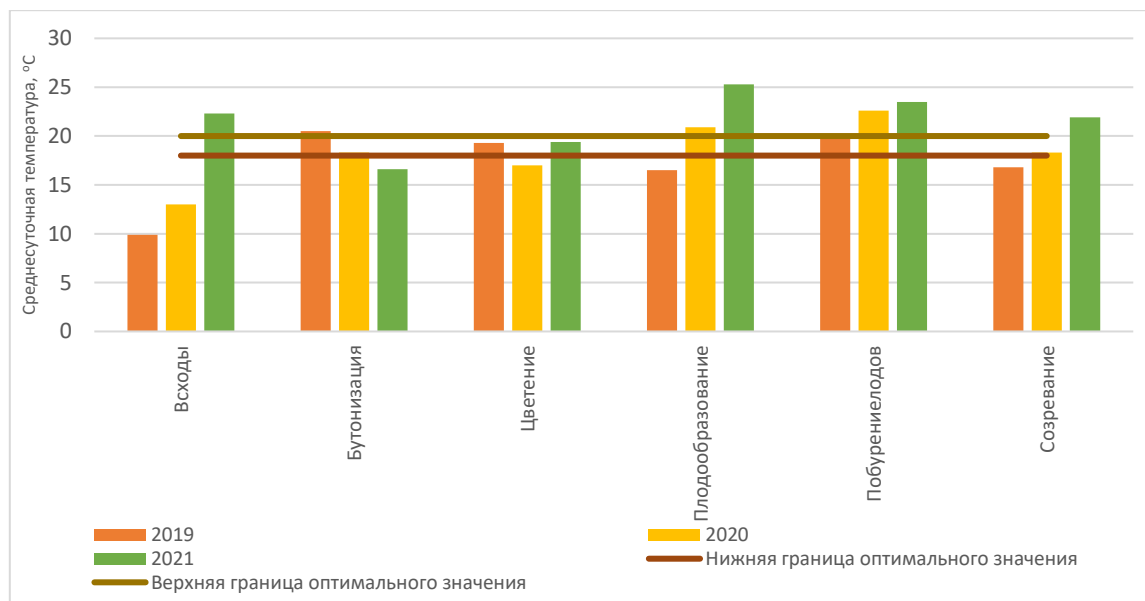


Рис. 1. Среднесуточная температура воздуха по фазам вегетации за годы исследований, °C

В фазу бутонизации, когда происходит формирование вегетативных узлов и побегов, среднесуточная температура находилась в оптимальном диапазоне в 2020 г. (+18,3°C). В 2019 году среднесуточная температура в фазу бутонизации была +20,5°C, что на 0,5°C выше верхней границы оптимального значения. В 2021 году среднесуточная температура воздуха в фазу бутонизации была ниже нижнего значения оптимального значения на 1,4°C.

Наиболее важен температурный режим в фазе цветения и плодообразования. В фазе цветения среднесуточная температура была в оптимальных пределах в 2019 г. (+19,3°C), 2021 г. (+19,4°C). Среднесуточная температура была ниже нижней границы оптимального значения в 2020г. на 1,0°C.

В фазу плодообразования среднесуточная температура ни в одном из анализируемых годов не находилась в оптимальном диапазоне. Так, наиболее неблагоприятным был 2021 год, когда превышение критического значения дневных температур для генеративных органов гречихи + 25°C составило +5,3°C.

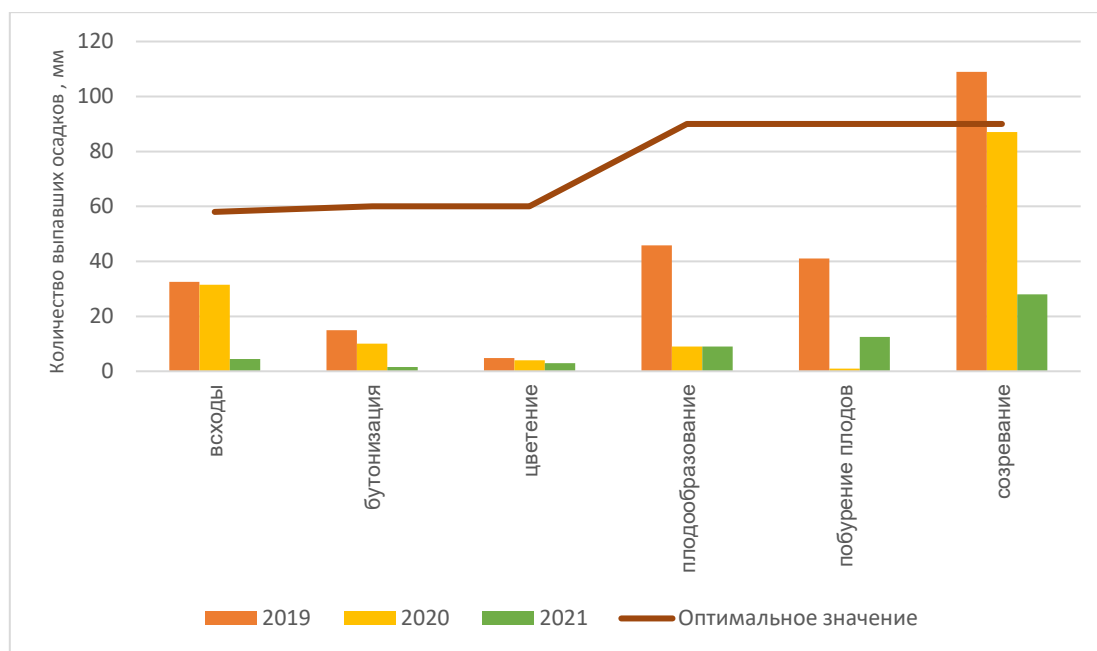


Рис. 2. Количество выпавших осадков по фазам за годы исследования, мм

Количество осадков, которые выпадали в критически важные для формирования продуктивности гречихи периоды (бутонизация, цветение и плодообразование) было ниже оптимального значения во все годы исследования (рис. 2). Так в фазу бутонизации выпало в 2019 г. – 25%, в 2020 г – 16,7%, в 2021 – 2,5% от оптимального значения (60 мм). В фазу цветения объем выпавших осадков составил в 2019 – 8%, в 2020 – 6,7%, в 2021 г – 5% от оптимального значения. В фазу плодообразования, когда оптимальное значение выпавших осадков вырастает до 90 мм, в 2019 г выпало 45,6%, в 2020 г. – 10%, в 2021 г. – 13,9% от оптимального значения.

Анализ гидротермических условий в годы исследования свидетельствует о том, что рост и развитие растений гречихи обыкновенной в условиях Среднего Поволжья проходили в условиях высоких среднесуточных температур и при дефиците осадков. По совокупности гидротермических условий годы исследований можно условно дифференцировать на благоприятные (2019, 2020 гг.) со значениями гидротермических коэффициентов 1,46; 0,92 соответственно. К числу засушливых, неблагоприятных для роста и развития гречихи, относится 2021 год с ГТК 0,29.

Натуру зерна определяли по ГОСТ 10840-2017, массу тысячи семян – по ГОСТ 12042-80. Полученные в ходе исследований данные были обработаны с помощью пакета программ, входящих в состав Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Исследуемые сорта по-разному отзывались на сроки проведения некорневых подкормок комплексными удобрительными составами (табл. 1). Так, гибридная популяция К-990 в благоприятные по гидротермическим условиям годы (2019 и 2020 гг.) отрицательно отзывалась на проведенные некорневые подкормки во все исследуемые фазы вегетации. В засушливый 2021 год, некорневая подкормка комплексными удобрительными составами во все фазы оказала положительный эффект на формирование зерна у гибридной популяции К-990, однако наиболее эффективной оказалась подкормка в фазу начало плодообразования, где урожайность гибридной популяции К-990 была выше на 40,6%, по сравнению с контрольным вариантом. В среднем за три года максимальная урожайность у гибридной

популяции К-990 была получена на контрольном варианте, без некорневых подкормок и составила 1,55 т/га.

Положительная реакция гибрида К-990 на подкормку в фазу плодообразования в засушливом 2021 году (+40,6%) имеет четкое физиологическое обоснование. В экстремальный год засухи микроэлементы (В, Мп, Сu, Zn) сыграли протекторную роль. Литературные данные подтверждают, что предпосевная обработка семян гречихи солями микроэлементов способна снизить потери урожая от засухи на 25-32% за счет активации защитных систем растения и повышения эффективности использования влаги [10, 11, 12]. В данном случае некорневая подкормка в фазу плодообразования, вероятно, частично восстановила поврежденные засухой системы фотосинтеза, стабилизировала мембраны и улучшила передвижение ассимилятов. Сорт К-990, как фасцированная форма с повышенной площадью соцветия, требовал большего количества пластических веществ для его выполнения, что и было частично компенсировано подкормкой в критический период.

Негативная реакция гибрида К-990 на подкормки в благоприятные годы (2019, 2020) также поддается объяснению. Снижение урожайности на вариантах с подкормкой, вероятно, связано с тем, что в условиях достаточного увлажнения дополнительное питание могло стимулировать дальнейший вегетативный рост фасцированных побегов в ущерб формированию генеративных органов.

Для сорта Батыр наиболее эффективной оказалась некорневая подкормка комплексными удобрительными составами в 2019 году в фазу начало побурения плодов, при которой урожайность зерна была выше на 23,9%. В 2020 году наиболее эффективна была подкормка в фазу начало цветения, при которой прибавка урожайности зерна по сравнению с контролем составила 5,7%. В засушливый 2021 год наиболее эффективна оказалась некорневая подкормка в фазу начало плодообразования (+64,3% по сравнению с контролем). В целом за три года для сорта Батыр наиболее эффективными оказались подкормки в фазу начало цветения и начало побурения плодов.

Положительная реакция сорта Батыр на подкормку в фазу побурения плодов в 2019 году (урожайность +23,9%) не является случайной. Влажный 2019 год создал благоприятные условия для вегетативного роста. В позднюю фазу побурения плодов, когда активизируются процессы старения и оттока пластических веществ из листьев, подкормка обеспечила растение легкодоступными формами элементов (особенно калием, магнием и серой). Это способствовало поддержанию фотосинтетической активности листьев («физиологического донора»), что привело к лучшему наливу и выполненности зерна. Такой эффект, когда подкормка улучшает качество зерна, а не его количество, является классическим проявлением действия сбалансированного питания на поздних этапах онтогенеза.

Таблица 1

Влияние некорневой обработки микроэлементами на урожайность гречихи, т/га

Сроки проведения некорневых подкормок	Батыр				К-990			
	2019	2020	2021	Среднее	2019	2020	2021	Среднее
Контроль (без обработок)	2,93	1,25	0,14	1,44	3,13	1,21	0,32	1,55
Начало цветения	3,40	1,30	0,14	1,61	2,49	1,15	0,34	1,33
Начало плодообразования	2,43	1,00	0,25	1,23	2,84	1,08	0,45	1,46
Начало побурения плодов	3,63	1,12	0,23	1,66	2,25	1,10	0,34	1,23
НСР ₀₅ варианты	0,51	0,07	0,11					
НСР ₀₅ фактор А	0,25	0,03	0,06	-	-	-	-	-
НСР ₀₅ фактор В	0,36	0,05	0,08					
НСР ₀₅ фактор АВ	0,36	0,05	-					

Под воздействием комплексного удобрительного состава изменялась и натурная масса зерна гречихи (табл. 2).

Так наиболее эффективной некорневой подкормкой для формирования выполненного зерна для обоих сортов была подкормка в фазу начало побурения плодов. У сорта Батыр в среднем за три года прибавка натурной массы по сравнению с контролем на этом варианте составила 4 г/л (0,7%), на сортообразце К-990 – 6 г/л (1,2%). Стоит отметить, что для сорта Батыр в переувлажненный 2019 год наиболее выполненное зерно сформировалось после некорневой подкормки в фазу начало цветения. На этом варианте прибавка показателя натурная масса по сравнению с контролем составила 3,8%.

Таблица 2

Влияние некорневой обработки микроэлементами на натурную массу гречихи, г/л

Сроки проведения некорневых подкормок	Батыр				К-990			
	2019	2020	2021	Среднее	2019	2020	2021	Среднее
Контроль (без обработок)	555	579	573	569	577	530	573	560
Начало цветения	576	562	549	562	530	530	561	540
Начало плодообразования	549	530	554	544	554	507	560	540
Начало побурения плодов	564	579	575	573	582	549	567	566
НСР ₀₅ варианты	13,54	8,12	8,00					
НСР ₀₅ фактор А	6,17	4,06	4,00	-	-	-	-	-
НСР ₀₅ фактор В	9,58	5,74	5,66					
НСР ₀₅ фактор АВ	9,58	5,74	5,66					

Фаза проведения некорневой подкормки комплексными удобрительными составами сильно влияла на крупность плодов гречихи. Так, для сорта Батыр в благоприятные по гидротермическим показателям 2019 и 2020 годы наиболее эффективной была подкормка, проведённая в фазу начала цветения; при этом прибавка к контролю составила 6,6% и 31,1% соответственно. В 2021 году наиболее высокая масса тысячи плодов была получена при подкормке в фазу плодообразования (+14,8% к контролю). В среднем за три года наиболее эффективной была некорневая подкормка в фазу начала цветения (+4,2 г к контролю).

Разнонаправленные эффекты на массу 1000 семян у сорта Батыр, на первый взгляд кажущиеся хаотичными, имеют логичное объяснение. Колебания этого показателя объясняются тем, что масса семян является интегральным показателем, зависящим от количества завязавшихся плодов. В 2020 году дефицит влаги и высокая температура могли привести к массовому абортыванию завязей. На варианте с подкормкой в цветение обработка способствовала лучшему опылению и завязыванию относительно небольшого количества крупных семян. На варианте с поздней подкормкой, возможно, стимулировалось образование большего числа более мелких плодов, или же стресс повлиял на растения в самый неподходящий момент (табл. 3).

Для сортообразца К-990 нет чёткой картины влияния сроков некорневых подкормок на показатель массы тысячи семян. Так, в 2019 году наиболее крупное зерно было получено на контрольном варианте (34,8 г), в 2020 году – при некорневой подкормке в фазу начала плодообразования (38,0 г), а в 2021 году – в фазу начала цветения (30,7 г). Однако в среднем за три года наибольшая масса тысячи плодов была получена при некорневой подкормке в фазу начала цветения (+1,6 г к контролю).

Влияние некорневой обработки микроэлементами на массу тысячи семян гречихи, г

Сроки проведения некорневых подкормок	Батыр				К-990			
	2019	2020	2021	Среднее	2019	2020	2021	Среднее
Контроль (без обработок)	33,4	29,3	27,7	30,1	34,8	31,4	29,7	31,9
Начало цветения	35,6	38,4	28,6	34,2	33,2	36,5	30,7	33,5
Начало плодообразования	31,8	26,0	31,8	29,9	32,8	38,0	27,8	32,9
Начало побурения плодов	35,1	22,4	28,8	28,8	31,0	30,9	29,3	30,4
НСР ₀₅ варианты	0,55	0,36	0,24					
НСР ₀₅ фактор А	0,27	0,18	0,12	-	-	-	-	-
НСР ₀₅ фактор В	0,39	0,26	0,17					
НСР ₀₅ фактор АВ	0,39	0,26	0,17					

Заключение

На основе проведенных исследований установлено, что эффективность некорневых подкормок комплексными удобрительными составами на гречихе обыкновенной не является однозначной, а критически зависит от генотипических особенностей сорта и гидротермических условий вегетационного периода. Сорт Батыр характеризуется устойчивой положительной отзывчивостью на листовые обработки, однако оптимальные сроки внесения дифференцируются в зависимости от погодных условий: в благоприятные годы максимальные прибавки урожайности обеспечивают подкормки в фазы начала цветения или начала побурения плодов, тогда как в условиях засухи наиболее эффективной оказывается обработка в фазу начала плодообразования. Напротив, гибридная популяция К-990 проявляет положительный отклик исключительно в экстремально засушливые годы при подкормке именно в фазу плодообразования, тогда как в благоприятные по увлажнению сезоны любые некорневые подкормки приводят к снижению урожайности, что связано, вероятно, со стимуляцией вегетативного роста фасциированных побегов в ущерб генеративному развитию. Общим для обоих изученных генотипов является то, что подкормка в фазу начала побурения плодов служит универсальным агроприемом для повышения натурной массы зерна, то есть улучшения выполненности и качества зерновки.

Литература

1. Горбатовский А., Лобан А. Научные принципы, факторы и особенности интенсификации в сельскохозяйственном производстве // *Аграрная экономика*. – 2024. – № 6. – С. 20-32. – DOI: 10.29235/1818-9806-2024-6-20-32.
2. Pretty J. Intensification for redesigned and sustainable agricultural systems // *Science*. – 2018. – Vol. 362, No. 6417. – DOI: 10.1126/science.aav02949.
3. Жеруков Т.Б., Кишев А.Ю., Тутукова Д. А. Особенности применения микроэлементов в сельскохозяйственном производстве // *Успехи современного естествознания*. – 2019. – № 6. – С. 18-22. – DOI: 10.17513/use.37132.
4. Дышко В.Н. О значении микроудобрений в формировании продуктивности гречихи // *Устойчивое развитие агропромышленного комплекса как основа продовольственной безопасности: сборник материалов международной научной конференции, Смоленск, 07 декабря 2023 года*. – Смоленск, 2023. – С. 75-79.
5. Климова Л.Р., Кадырова Ф.З. Эффективность приемов интенсификации при возделывании гречихи в условиях Среднего Поволжья // *Научно-агрономический журнал*. – 2024. – № 2(125). – С. 52-57. – DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.007.52-57.
6. Глазова З.И. Агроэкономическая эффективность применения микро-и органоминеральных удобрений при выращивании гречихи // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2023. – № 2(46). – С. 74-82. – DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-74-82.

7. Глазова З.И. Эффективность применения органоминеральных комплексов для листовых подкормок гречихи // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 2(30). – С. 101-107. – DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11098.
8. Козлобаев А.В. Влияние стимуляторов роста и микроудобрений на элементы продуктивности гречихи в условиях ЦЧР // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2014. – № 4(43). – С. 11-18.
9. Klimova L.R., Kadyrova F.Z., Minikaev R.V., Khusnutdinova A.T. Responsiveness of buckwheat varieties to foliar applications by microfertilizer under forest steppe of the Volga region // BIO Web of Conferences. – 2020. – Vol. 27. – P. 00048. – DOI: 10.1051/bioconf/20202700048.
10. Jiang, Y., Wang, S., Liu, Y., Wang, A., Chang, L., Cai, Y., Yu, T., & Chang, Q. (2025). Concentration-dependent effects of boron fertilizer on growth, yield, and quality of buckwheat. *Frontiers in Plant Science*, 16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1548792>.
11. Moisiienko, V., Tymoshchuk, T., & Panchyshyn, V. (2023). Formation of buckwheat productivity depending on foliar feeding. *Agriculture and plant sciences: theory and practice*. <https://doi.org/10.54651/agri.2023.02.07>.
12. Dykyi, O., Lykhochvor, V., & Bahay, T. (2022). Influence of Mineral Fertiliser and Foliar Dressing Rates on Buckwheat Yield. *Scientific Horizons*. [https://doi.org/10.48077/scihor.25\(2\).2022.47-54](https://doi.org/10.48077/scihor.25(2).2022.47-54).

References

1. Gorbatovskiy A., Loban A. Scientific Principles, Factors and Features of Intensification in Agricultural Production. *Agrarnaya ekonomika*, 2024, no. 6, pp. 20–32. DOI: 10.29235/1818-9806-2024-6-20-32. (In Russian)
2. Pretty J. Intensification for Redesigned and Sustainable Agricultural Systems. *Science*, 2018, vol. 362, no. 6417. DOI: 10.1126/science.aav02949.
3. Zherukov T.B., Kisev A.Yu., Tutukova D.A. Features of the Use of Microelements in Agricultural Production. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2019, no. 6, pp. 18–22. DOI: 10.17513/use.37132. (In Russian)
4. Dyshko V.N.O. On the Significance of Microfertilizers in Formation of Buckwheat Productivity. *Ustoychivoe razvitie agropromyshlennogo kompleksa kak osnova prodovol'stvennoy bezopasnosti: sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* (Smolensk, December 7, 2023). Smolensk, 2023, pp. 75–79. (In Russian)
5. Klimova L.R., Kadyrova F.Z. Efficiency of Intensification Techniques in Buckwheat Cultivation in the Middle Volga Region. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal*, 2024, no. 2(125), pp. 52–57. DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.007.52-57. (In Russian)
6. Glazova Z.I. Agro-economic Efficiency of the Use of Micro- and Organomineral Fertilizers in Buckwheat Cultivation. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2023, no. 2(46), pp. 74–82. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-74-82. (In Russian)
7. Glazova Z.I. Efficiency of Foliar Application of Organomineral Complexes on Buckwheat. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2019, no. 2(30), pp. 101–107. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11098. (In Russian)
8. Kozlobaev A.V. Influence of Growth Stimulants and Microfertilizers on Buckwheat Productivity Elements in the Central Chernozem Region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, no. 4(43), pp. 11–18. (In Russian)
9. Klimova L.R., Kadyrova F.Z., Minikaev R.V., Khusnutdinova A.T. Responsiveness of Buckwheat Varieties to Foliar Applications by Microfertilizer under Forest Steppe of the Volga Region. *BIO Web of Conferences*, 2020, vol. 27, p. 00048. DOI: 10.1051/bioconf/20202700048.
10. Jiang, Y., Wang, S., Liu, Y., Wang, A., Chang, L., Cai, Y., Yu, T., & Chang, Q. (2025). Concentration-dependent effects of boron fertilizer on growth, yield, and quality of buckwheat. *Frontiers in Plant Science*, 16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1548792>.
11. Moisiienko, V., Tymoshchuk, T., & Panchyshyn, V. (2023). Formation of buckwheat productivity depending on foliar feeding. *Agriculture and plant sciences: theory and practice*. <https://doi.org/10.54651/agri.2023.02.07>.
12. Dykyi, O., Lykhochvor, V., & Bahay, T. (2022). Influence of Mineral Fertiliser and Foliar Dressing Rates on Buckwheat Yield. *Scientific Horizons*. [https://doi.org/10.48077/scihor.25\(2\).2022.47-54](https://doi.org/10.48077/scihor.25(2).2022.47-54).