

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

Общее земледелие и растениеводство
General Farming and Crop Production

Научная статья
УДК 633.15:631.81.095.337(470.64)
doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-14-22

**Воздействие кремнийсодержащих препаратов на продуктивность
кукурузы в условиях Кабардино-Балкарской Республики**

Юрий Мухамедович Шогенов

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1 в, Нальчик, Россия, 360030
yshogenov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6453-8059>

Аннотация. В статье приведены результаты исследований, проведенных в 2021-2023 гг. на посевах гибрида кукурузы Родник 180 СВ. Цель исследования – изучить особенности формирования продуктивности раннеспелого гибрида в зависимости от внекорневой обработки препаратами, содержащих кремний, в разные сроки вегетации на черноземе выщелоченном в предгорной зоне Кабардино-Балкарии. Некорневое внесение кремнийсодержащих препаратов проводилось три раза – в фазу 5-6 листьев, 8-9 листьев и двойная обработка 5-6 + 8-9 листьев. В ходе полевых исследований установлено, что при листовой обработке препаратами с кремнием увеличивается число початков на 100 растений при применении Келик Калий+Кремний на 15,0-17,6%, НаноКремний на 13,3-21,9% и Микровит-6 Кремний на 18,3-18,5%, а также длина початка в пределах 14,7-28,3%, масса зерна с початка 14,2-26,6% и выход зерна с початка на 2,8-6,1%. Обработка гибрида кукурузы Родник 180 СВ препаратами НаноКремний (двукратная обработка в фазы 5-6 и 8-9 листьев) и Микровит-6 Кремний (однократная в фазу 5-6 листьев) позволила в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарской Республики ежегодно получать увеличение урожайности до 1,6-2,7 т/га зерна с высокими урожайными свойствами.

Ключевые слова: гибрид кукурузы, число початков на 100 растений, длина початка, число зерен в початке, масса зерна с 1 початка, выход зерна с початка, урожайность, продуктивность, кремний

Для цитирования. Шогенов Ю. М. Воздействие кремнийсодержащих препаратов на продуктивность кукурузы в условиях Кабардино-Балкарской Республики // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 4(46). С. 14–22.
doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-14-22

Original article

**The Impact of Silicon-containing Preparations on Corn Productivity
in the Kabardino-Balkarian Republic**

Yuri Mukhamedovich Shogenov

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik,
Russia, 360030
yshogenov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6453-8059>

Abstract. The article presents the results of research conducted in 2021-2023 on the Rodnik 180 SV hybrid corn crops. The purpose of the study is to study the features of the formation of the productivity of the early-ripening hybrid depending on foliar treatment with silicon-containing preparations at different stages of vegetation on leached chernozem in the foothill zone of Kabardino-Balkaria. Foliar application of silicon-containing preparations was carried out three times – in the phase of 5-6 leaves, 8-9 leaves and double treatment 5-6 + 8-9 leaves. During field studies it was established that foliar treatment with silicon-containing preparations increases the number of cobs per 100 plants when using Kelik Potassium + Silicon by 15.0-17.6%, NanoSilicon by 13.3-21.9% and Microvit-6 Silicon by 18.3-18.5%, as well as the length of the cob within 14.7-28.3%, the weight of grain per cob by 14.2-26.6% and the yield of grain per cob by 2.8-6.1%. Treatment of the Rodnik 180 SV corn hybrid with NanoSilicon (double treatment in the 5-6 and 8-9 leaf phases) and Microvit-6 Silicon (single treatment in the 5-6 leaf phase) preparations allowed, in the conditions of the foothill zone of the Kabardino-Balkarian Republic, to increase annually the yield to 1.6-2.7 t/ha of grain with high yield properties.

Keywords: corn hybrid, number of ears per 100 plants, length of the cob, number of grains in the cob, grain weight from 1 cob, grain yield from the cob, yield, productivity, silicon

For citation. Shogenov Yu.M. The Impact of Silicon-containing Preparations on Corn Productivity in the Kabardino-Balkarian Republic. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;4(46):14–22. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-14-22

Введение. В современных агрономических практиках важным направлением является поиск методов, ведущих к увеличению продуктивности агроэкосистем. В этом контексте особое внимание уделяется использованию различных экологически безопасных средств обработки растений, которые способствуют их росту и развитию, повышая при этом урожайность и устойчивость к неблагоприятным условиям. Один из возможных подходов к решению этой проблемы заключается в применении кремнийсодержащих веществ [1].

Кремний как элемент, обладающий биофильными свойствами, благотворно влияет на физиологические и биохимические процессы в культурных растениях, повышая как индивидуальную продуктивность, так и валовые сборы. Он ускоряет обмен веществ, в частности азота и фосфора в тканях, повышает содержание бора и остальных микроэлементов в растительных клетках и уменьшает содержание тяжелых металлов в растительной продукции [2–6].

Фотосинтетическая активность растений напрямую зависит от содержания кремния в тканях, а также роста листовой поверхности, утолщения стенок растительных клеток и увеличения биосинтеза пигментов, что уменьшает риск поражения растений болезнями и вредителями, особенно в условиях стресса [7–11].

Оптимизация кремниевого питания действительно играет важную роль в повышении эффективности фотосинтеза и активности корневой системы растений [1, 6]. Применение кремнийсодержащих препаратов, особенно тех, которые содержат наночастицы, значительно улучшает усвоение питательных элементов растениями, что является важным аспектом для агропромышленного комплекса [12–14].

В Пензенской области за период 2018-2019 гг. проведены полевые опыты с ранне-спелым гибридом кукурузы по изучению влияния препаратов с кремнием при различных сроках некорневой обработки. Было установлено, что фолиарная обработка увеличивает длину початка до 4,2 см по сравнению с контролем (без обработки). Наиболее озерненные початки находились на варианте с НаноКремнием при двухкратной обработке, где разница составляла более 26%. Другие препараты – Келик Калий + Кремний и Микровит-6 Кремний увеличили озерненность початков на 19%. Фолиарная обработка посевов кукурузы этими препаратами повышала массу зерна с початка более 26%.

Применение препарата Келик Калий + Кремний в фазах 5 и 7-8 листьев увеличивало урожайность соответственно на 2,32 и 1,56 т/га по сравнению с контролем (обработка водой).

Обработка препаратом НаноКремний в фазах 5 и 7-8 листьев также давала прирост урожая зерна соответственно на 1,62 и 1,49 т/га, при двухкратной – 2,64 т/га. Микровит-6 Кремний также давал прирост урожая до 2,28 т/га [15, 16].

Элементы нанотехнологий становятся все более актуальными в растениеводстве, так как они способствуют лучшему усвоению кремния, который растения могут поглощать не только через корни, но и через листья [17, 18]. Этот процесс особенно полезен для растений, подверженных стрессовым условиям, поскольку вегетативные органы, испытывающие наибольшее давление, получают доступ к кремнию и, как следствие, могут лучше противостоять неблагоприятным воздействиям.

Известно, что кремний усваивается через корневую систему только на 1-5%, тогда как поглощение кремния через листовую поверхность достигает 30-40%, и поэтому растет значимость применения фолиарной обработки посевов культурных растений, что значительно снижает стрессовые ситуации, испытываемые растениями во время вегетации (неблагоприятные температурные и водные режимы и т. д.).

Накопление кремния в эпидерме и проводящих тканях растений также имеет значительные преимущества, позволяя им выживать в сложных условиях. Это подтверждает актуальность использования кремнийсодержащих препаратов и дальнейших исследований в этой области для оптимизации агрономической практики. В целом большинство ученых как зарубежных, так и российских, в частности ученые КБР, изучают различные технологические приемы возделывания кукурузы с целью повышения ее продуктивности [19–24].

Цель исследования – изучить формирование продуктивности раннеспелого гибрида Родник 180 СВ в зависимости от препаратов, содержащих кремний, в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарской Республики.

Материалы, методы и объекты исследования. Полевой эксперимент проводился в 2021-2023 гг. в учебно-производственном комплексе ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова».

Полевой опыт проводился на участке с черноземом выщелоченным, по механическому составу тяжелосуглинистым, содержащим 3,3% гумуса, 0,28% общего азота, со средним содержанием подвижного фосфора и повышенным содержанием обменного калия.

Полевой опыт закладывался в четырех повторностях по общепринятой методике [25, 26], где площадь делянок составила 50 м². Дозы препаратов подбирали в соответствии с рекомендациями производителей.

Схема опыта

Фактор А: препараты

1. Без препарата (обработка водой)
2. Келик Калий + Кремний (1,5 л/га – 10% Si хелаты)
3. НаноКремний (150 г/га – 50% Si наночастицы)
4. Микровит-6 Кремний (0,5 л/га – 13% Si хелаты)

Фактор В: сроки листовой обработки

1. Фаза вегетации 5-6 листьев
2. Фаза вегетации 8-9 листьев.

Как видно из рисунка 1, кукуруза не испытывала недостатка в осадках, кроме 2022 года, когда осадков было значительно меньше в сравнении со средними многолетними данными.

Результаты исследования. Количество развитых початков на растениях является наиболее важным показателем продуктивности гибридов кукурузы. Применение препаратов, содержащих кремний, существенно оказало влияние на процесс развития генеративных органов (как метёлок, так и початков).

Как видно из таблицы 1, фолиарная обработка препаратом Келик Калий + Кремний позволила повысить число початков на 100 растений при первой обработке в фазу 5-6 листьев, где увеличение по сравнению с контролем составило 21,3 шт. или 17,6%, во второй обработке наблюдалось незначительное снижение показателей до 18,3 шт. или 15,0%, при двух обработках разница составила 21,3 шт. или 17,6% (табл. 1). Также наблюдалось увеличение числа початков на варианте НаноКремний при первой обработке 24,3 шт. или 20,1%, при второй обработке 16,2 шт. или 13,3%, при совместной составило 26,4 шт. или 21,9%.

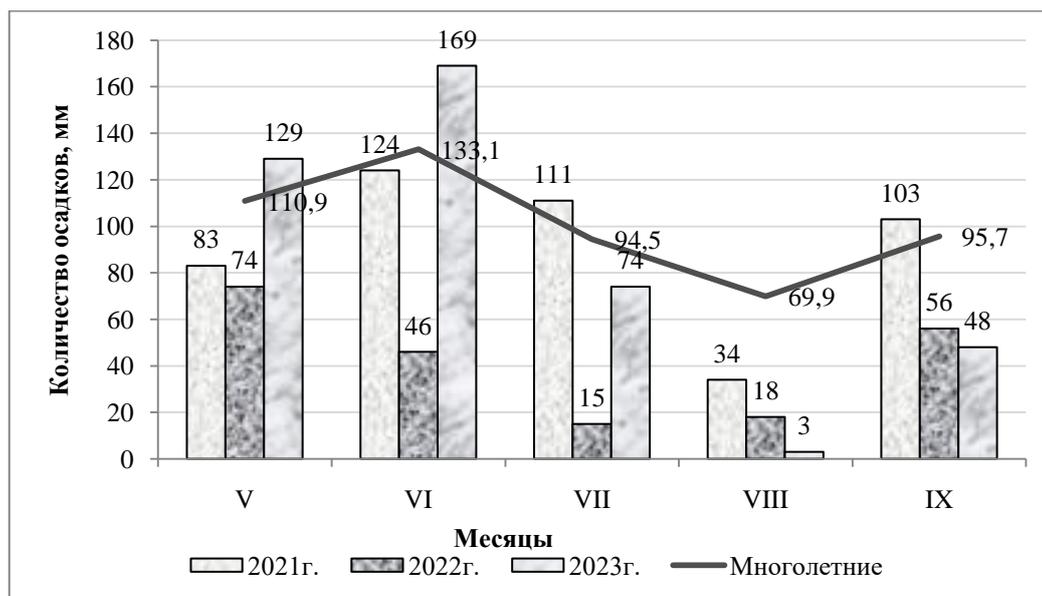


Рисунок 1. Количество осадков по месяцам вегетации кукурузы, мм
Figure 1. Amount of precipitation by months of corn vegetation, mm

Таблица 1. Элементы структуры урожайности зерна, средние значения за 2021-2023 гг.
Table 1. Elements of grain yield structure, average values indicators for 2021-2023

Вид препарата	Без препарата (обработка водой)			Келик Калий + Кремний			НаноКремний			Микровит-6 Кремний		
	5-6 листьев	8-9 листьев	5-6 листьев + 8-9 листьев	5-6 листьев	8-9 листьев	5-6 листьев + 8-9 листьев	5-6 листьев	8-9 листьев	5-6 листьев + 8-9 листьев	5-6 листьев	8-9 листьев	5-6 листьев + 8-9 листьев
Число початков на 100 растений, шт.	120,8	121,8	120,8	142,1	140,1	142,1	145,1	138	147,2	143,1	144,1	143,1
Откл. шт.	–	–	–	21,3	18,3	21,3	24,3	16,2	26,4	22,3	22,3	22,3
%	–	–	–	17,6	15,0	17,6	20,1	13,3	21,9	18,5	18,3	18,5
Длина початка, см	15	15	15,2	18,6	17,90	20	17,2	19	19,3	17,8	18	19,3
Откл., см	–	–	–	3,6	2,9	4,3	2,2	4	4,1	2,8	3	4,1
%	–	–	–	24,0	19,3	28,3	14,7	26,7	27,0	18,7	20,0	27,0
Масса зерна с початка, г	57,8	57,9	57,9	73,2	66,7	71,4	65,6	66,3	74,3	71,5	66,1	69,1
Откл., г	–	–	–	15,4	8,8	13,5	7,8	8,4	16,4	13,7	8,2	11,2
%	–	–	–	26,6	15,2	23,3	13,5	14,5	28,3	23,7	14,2	19,3
Выход зерна с початка, %	76,5	76,5	76,6	82,6	80,3	81	79,3	79,4	80,4	80,8	80,4	76,4
Откл., %	–	–	–	6,1	3,8	4,4	2,8	2,9	3,8	4,3	3,9	-0,2

При первой и последующих обработках препаратом Микровит-6 Кремний разница составила 22,3 шт. или 18,3-18,5%.

Длина початка также изменялась при обработке посевов кукурузы препаратами. Так, Келик Калий + Кремний дал прирост длины

початка 2,9-4,3 см, или 19,3-28,3%. При обработке препаратом НаноКремний в ходе полевых исследований было установлено, что длина початка увеличилась на 2,2-4,1 см или, 14,7-27,0%.

Применение препарата Микровит-6 Кремний позволило увеличить длину початка на 2,8-4,1 см или 18,7-27,0%.

Масса зерна с початка также изменялась в зависимости от применяемого препарата.

Так, Келик Калий + Кремний оказал влияние на рост массы початка в зависимости от сроков обработки на 6,0-11,4 г или 9,5-17,5%, применение НаноКремния позволило дать прирост массы початков на 2,9-13,4 г или 4,4-20,2%. Препарат Микровит-6 Кремний отличался стабильными и выровненными показателями прибавки 11,6-16,8 или 17,6-25,9%.

Показатель выхода зерна с початка также рос при обработках посевов кукурузы кремнийсодержащими препаратами.

Обработка листьев посевов кукурузы позволила увеличить выход зерна с початка: Келик Калий + Кремнием – на 4,4-6,1%, На-

ноКремнием – на 2,8-3,8%, Микровит-6 Кремнием – на 7,70-8,2%.

Подводя итоги вышесказанному, можно с уверенностью утверждать, что применение препаратов с кремнием на посевах в условиях Кабардино-Балкарской Республики позволит обеспечить рост урожайности и качества зерна кукурузы.

Установлено, что в разные годы урожайность была разной. Так, 2021 и 2023 годы были сравнительно благоприятными для гибрида кукурузы Родник 180 СВ, где на контроле (обработка водой) урожайность при первом сроке составляла 6,0-6,3 т/га, во втором сроке – 5,9-6,2 т/га и при двойной обработке – 6,1-6,4 т/га (табл. 2).

Посевы кукурузы в 2022 году оказались в очень неблагоприятных условиях (высокая температура воздуха и очень малое количество осадков во время вегетации). Несмотря на это, препараты с кремнием позволили поддержать урожайность на уровне 5,1-6,1 т/га, тогда как на контрольных вариантах эти показатели были не выше 4,0-4,2 т/га.

Таблица 2. Продуктивность кукурузы в зависимости от применения кремнийсодержащих препаратов, т/га

Table 2. Corn productivity depending on application of the use of silicon-containing preparations, t/ha

Вид препарата (фактор А)	Срок некорневой обработки (фактор В)	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Урожайность, т/га	Разница с контролем	
						т/га	%
Без препарата (обработка водой)	5-6 листьев	6,3	4,1	6,0	5,5	–	
	8-9 листьев	6,2	4,0	5,9	5,4	–	
	5-6 + 8-9 листьев	6,4	4,2	6,1	5,6	–	
Келик Калий + Кремний	5-6 листьев	8,7	5,7	8,3	7,6	2,1	38,9
	8-9 листьев	7,8	5,1	7,5	6,8	1,4	26,4
	5-6 + 8-9 листьев	8,6	5,6	8,2	7,5	1,9	25,7
Нано Кремний	5-6 листьев	7,9	5,2	7,6	6,9	1,4	25,9
	8-9 листьев	8,0	5,2	7,7	7,0	1,6	30,2
	5-6 + 8-9 листьев	9,4	6,1	9,0	8,2	2,6	47,3
Микровит-6 Кремний	5-6 листьев	9,4	6,1	9,0	8,2	2,7	50,0
	8-9 листьев	8,8	5,8	8,5	7,7	2,3	43,4
	5-6 + 8-9 листьев	9,0	5,8	8,6	7,8	2,2	40,0
НСР ₀₅ для фактора А		0,36	0,26	0,35			
НСР ₀₅ для фактора В		0,31	0,22	0,30			
НСР ₀₅ для взаимодействий		0,63	0,44	0,60			

На контрольном варианте (обработка водой) продуктивность составляла в фазу 5-6 листьев 5,5 т/га, в фазу 8-9 листьев – 5,4 т/га и в фазах 5-6 и 8-9 листьев – 5,6 т/га.

Использование препарата Келик Калий + Кремний при первой обработке дало прирост 2,1 т/га или 38,9%, во второй обработке разница составила 1,4 т/га или 26,4%, а

совместная обработка дала прибавку 1,9 т/га или 25,7%.

Первая и вторая обработка НаноКремнием дала прибавку соответственно 1,4 и 1,6 т/га или 25,9 и 30,2%. Совместная обработка способствовала росту продуктивности, и разница урожая достигла 2,6 т/га или 47,3%. Применение препарата Микровит-6 Кремний позволило увеличить урожайность до 2,2-2,7 т/га или 40,0-50,0%.

Таким образом, из таблицы 2 можно сделать вывод, что препараты НаноКремний и Микровит-6 Кремний вносят большой вклад в увеличение продуктивности гибрида кукурузы Родник 180 СВ.

Выводы. 1. Изучаемые в опыте кремнийсодержащие препараты оказали положитель-

ное влияние на рост показателей элементов структуры урожая раннеспелого гибрида Родник 180 СВ. При листовой обработке кремнийсодержащими препаратами увеличивается число початков на 100 растений: Келик Калий + Кремнием на 15,0-17,6%, НаноКремнием на 13,3-21,9% и Микровит-6 Кремнием на 18,3-18,5%, а также длина початка в пределах 14,7-28,3%, масса зерна с початка 14,2-26,6% и выход зерна с початка на 2,8-6,1%.

2. Исследование гибрида кукурузы Родник 180 СВ показало, что применение препаратов НаноКремний и Микровит-6 Кремний позволит в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарской Республики ежегодно получать повышение урожайности до 1,6-2,7 т/га зерна.

Список литературы

1. Никулина Е. В., Котельникова В. А. Влияние препарата Келик Калий + Кремний на продуктивность кукурузы // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса: сборник материалов Международной научно-практической конференции. Пенза, 2022. С. 201–203. EDN: HGAYYS
2. Матыченков В. В., Бочарникова Е. А., Аммосова Я. М. Влияние кремниевых удобрений на растения и почву // Агрехимия. 2002. № 2. С. 86–93. EDN: UNBDNH
3. Терещенко Е. В. Влияние кремния на развитие кукурузы // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2011. Т. 7. № 4. С. 38–41. EDN: RKXLFD
4. Влияние оптимизации кремниевого питания на устойчивость ДНК ячменя / Е. А. Бочарникова, Е. П. Пахненко, В. В. Матыченков, И. В. Матыченков // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2014. № 2. С. 40–43. EDN: SDXLHN
5. Никулина Е. В., Гулов М., Политова М. Урожайность и качество зерна кукурузы при применении кремнийсодержащих препаратов // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса: сборник материалов Международной научно-практической конференции. Пенза, 2021. С. 79–82. EDN: XFAAZP
6. Epstein E. The anomaly of silicon in plant biology // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 1994. V. 91. Pp. 11–17.
7. Epstein E. Silicon: its manifold roles in plants // Annals of Applied Biology. 2009. 155(2). Pp. 155–160.
8. Добрева Н. И., Габдрахманов И. Х., Дорожкина Л. А. Применение регуляторов роста и силипланта для повышения урожайности зерновых и снижения пестицидной нагрузки // Нива Поволжья. 2014. № 1(30). С. 42–48. EDN: SEPONZ
9. Изучение действия нанокремния на фотосинтетическую продуктивность яровой пшеницы / Н. Е. Павловская, Д. П. Бородин, А. А. Хорошилова, И. В. Яковлева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 7(153). С. 12–18. EDN: YSRLWH
10. Циркон и силиплант – антистрессовые и рострегулирующие препараты / Л. А. Дорожкина, В. А. Караваев, Л. Э. Гунар, Л. М. Поддымкина // Плодородие. 2016. № 2. С. 13–15. EDN: WBFQHX
11. Gong H.J., Zhu X.Y., Chen K.M., Wang S.M., Zhang C.L. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought // Plant Science. 2005. 169(2). Pp. 313–321.
12. Сушилини М. М., Менькина А. И. Нанотехнологии в растениеводстве и сельском хозяйстве // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2011. № 3(11). С. 42–44. EDN: OFSKON
13. Gumilar T.A., Prihastanti E., Haryanti S. Utilization of Waste Silica and Chitosan as Fertilizer Nano Chisil to Improve Corn Production in Indonesia. International Workshop on Intelligent Information Technology. 2017. V. 23. Is. 3. Pp. 2447–2449. DOI: 10.1166/ASL.2017.8732

14. Повышение продуктивности и качества озимой пшеницы при применении комплексных минеральных удобрений / А. Ю. Левкина, А. П. Солодовников, А. С. Линьков, С. С. Алексенко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 3(35). С. 110–122. DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-110-122. EDN: EUVIZS
15. Семина С. А., Гаврюшина И. В., Никулина Е. В. Влияние кремнийсодержащих препаратов на формирование урожайности зерна кукурузы // Агрохимический вестник. 2020. № 4. С. 62–66. DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10057. EDN: ALEECH
16. Семина С. А., Гаврюшина И. В., Никулина Е. В. Влияние препаратов с кремнием на формирование урожайности кукурузы // Нива Поволжья. 2020. № 1(54). С.9–14. DOI: 10.36461/NP.2020.54.1.002. EDN: KKQPTM
17. Логинов С. В., Петриченко В. Н. Изучение кремнийорганического препарата Энергия-М // Агрохимический вестник. 2010. № 2. С. 22–23. EDN: MSPMBV
18. Петриченко В. Н., Туркина О. С. Изучение регуляторов роста растений и микроудобрений при выращивании столовых корнеплодов // Агрохимический вестник. 2013. № 3. С. 28–30. EDN: RRWIBJ
19. Шогенов Ю. М., Кишев А. Ю., Бозиев А. Л. Эффективность применения удобрений под кукурузу в условиях предгорной и степной зон Кабардино-Балкарии // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 1(43). С. 7–16. DOI: 10.55196/2411-3492-2024-1-43-7-16. EDN: CBDMMZ
20. Кишев А. Ю., Ханиева И. М., Бозиев А. Л. Урожайность гибридов кукурузы в зависимости от применения послевсходового гербицида в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарской республики // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2021. № 4 (34). С. 6–14. EDN: ZCPUNL
21. Эффективность применения микроудобрений на посевах кукурузы в условиях КБР / А. Л. Бозиев, К. М. Кашева, А. Н. Джуртубаев, Т. А. Коков // Развитие современной аграрной науки: актуальные вопросы, достижения и инновации»: Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти заслуженного деятеля науки РСФСР, доктора сельскохозяйственных наук, профессора П. Г. Лучкова. Часть I. Нальчик: ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, 2024. С. 32–37.
22. Бозиев А. Л., Ногмов Х. Т., Кашева К. З., Аширбеков М. Ж. Повышение продуктивности и качества зерна гибрида кукурузы в зависимости от применения микроудобрений // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 2(44). С. 16–24. DOI: 10.55196/2411-3492-2024-2-44-16-24
23. Урожайность и качество кукурузы в зависимости от обеспеченности элементами минерального питания / А. Ю. Кишев, М. И. Малкандуева, А. Л. Бозиев, В. М. Амхадов // Развитие современной аграрной науки: актуальные вопросы, достижения и инновации. Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти заслуженного деятеля науки РСФСР, доктора сельскохозяйственных наук, профессора П. Г. Лучкова. Часть I. Нальчик: ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, 2024. С. 98–102.
24. Совместные посевы кукурузы и сои в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарской республики / И. М. Ханиева, Ю. М. Шогенов, А. Л. Бозиев, Т. М. Чапаев, Р. А. Тиев, А. Н. Джуртубаев // International Agricultural Journal. 2023. Т. 66. № 5. DOI: 10.55186/25876740_2023_7_5_10. EDN: NYZMVV
25. Доспехов Б. А. Методика опытного дела (с основами статистической обработки результатов). Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
26. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой / М-во сел. хоз-ва СССР, ВАСХНИЛ, ВНИИ кукурузы; [Сост. чл.-кор. ВАСХНИЛ Д. С. Филев и др.]. Днепропетровск: Б. и., 1980. 54 с.

References

1. Nikulina E.V., Kotelnikova V.A. The effect of the preparation Kelik Potassium + Silicon on the productivity of corn. *Innovatsionnyye idei molodykh issledovateley dlya agropromyshlennogo kompleksa: sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Innovative ideas of young researchers for the agro-industrial complex: collection of materials of the International scientific and practical conference]. Penza, 2022. Pp. 201–203. (In Russ.). EDN: HGAYYS
2. Matychenkov V.V., Bocharnikova E.A., Ammosova Ya.M. Effect of silicon fertilizers on plants and soil. *Agricultural Chemistry*. 2002;(2):86–93. (In Russ.). EDN: UNBDNH
3. Tereschenko E.V. Influence of silicon on maize development. *The North Caucasus ecological herald*. 2011;7(4):38–41. (In Russ.). EDN: RKXLFD

4. Bocharnikova E.A., Pakhnenko E.P., Matychenkov V.V., Matychenkov I.V. Increasing DNA stability of barley plants under optimization of silicon nutrition. *Bulletin of Moscow University. Series 17. Soil Science*. 2014;(2):40–43. (In Russ.). EDN: SDXLHH
5. Nikulina E.V., Gulov M., Politova M. Corn grain yield and quality when using silicon-containing preparations. *Innovatsionnyye idei molodykh issledovateley dlya agropromyshlennogo kompleksa: sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Innovative ideas of young researchers for the agro-industrial complex: collection of materials of the International scientific and practical conference]. Penza, 2021. Pp. 79–82. (In Russ.). EDN: XFAAZP
6. Epstein E. The anomaly of silicon in plant biology. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1994;91:11–17.
7. Epstein E. Silicon: its manifold roles in plants. *Annals of Applied Biology*. 2009;155(2):155–160.
8. Dobrova N.I., Gabdrakhmanov I.Kh., Dorozhkina L.A. Application of growth regulators and siliplant for increasing productivity of grain and reducing pesticide load. *Niva Povolzhya*. 2014;1(30):42–48. (In Russ.). EDN: SEPONZ
9. Pavlovskaya N.E., Borodin D.P., Khoroshilova A.A., Yakovleva I.V. Effect of nano-silicon on spring wheat photosynthetic productivity. *Bulletin of Altai state agricultural university*. 2017;7(153):12–18. (In Russ.). EDN: YSRLWH
10. Dorozhkina L.A., Karavaev V.A., Gunar L.E., Poddymkina L.M. Circon and Silipant as anti-stress and growth-regulating preparations. *Plodorodie*. 2016;(2):13–15. (In Russ.). EDN: WBFQHX
11. Gong H.J., Zhu X.Y., Chen K.M., Wang S.M., Zhang C.L., Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. *Plant Science*. 2005;169(2):313–321.
12. Sushilina M.M., Mon'kina A.I. Nanotechnologies are in a plant – growing and food industry. *Herald of Ryazan state agrotechnological university named after P.A. Kostychev*. 2011;3(11):42–44. (In Russ.). EDN: OFSKON
13. Gumilar T.A., Prihastanti E., Haryanti S. Utilization of Waste Silica and Chitosan as Fertilizer Nano Chisil to Improve Corn Production in Indonesia. International Workshop on Intelligent Information Technology, 2017;23(3):2447–2449. DOI:10.1166/ASL.2017.8732
14. Levkina A.Yu., Solodovnikov A.P., Linkov A.S., Aleksenko S.S. Increasing winter wheat productivity and quality by complex mineral fertilizers application. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*. 2019;3(35):110–122. (In Russ.). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-110-122. EDN: EUVIZS
15. Semina S.A., Gavryushina I.V., Nikulina E.V. Influence of silicon-containing drugs on the formation of corn grain yield. *Agrochem herald*. 2020;(4):62–66. (In Russ.). DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10057. EDN: ALEECH
16. Semina S.A., Gavryushina I.V., Nikulina E.V. Effect of silicon containing products on formation of corn yield. *Niva Povolzhya*. 2020;1(54):9–14. (In Russ.). DOI: 10.36461/NP.2020.54.1.002. EDN: KKQPTM
17. Loginov S.V., Petrichenko V.N. Research of organosilicic preparation Energy-M. *Agrochem herald*. 2010;(2):22–23. (In Russ.). EDN: MSPMBB
18. Petrichenko V.N., Turkina O.S. Study of plant growth regulators and microfertilizers in growing table root crops. *Agrochem herald*. 2013;(3):28–30. (In Russ.). EDN: RRWIBJ
19. Shogenov Yu.M., Kisev A.Yu., Boziev A.L. Efficiency of application of fertilizers for corn in the conditions of foothill and steppe zones of Kabardino-Balkaria. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2024;1(43):7–16. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2024-1-43-7-16. EDN: CBDMMZ
20. Kisev A.Y., Khanieva I.M., Boziev A.L. The yield of corn hybrids depending on the use of a postemergence herbicide in the foothill zone of the Kabardino-Balkarian Republic. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2021; 4 (34): 6–14. (In Russ.). EDN: ZCPUNL
21. Boziev A.L., Kasheva K.M., Dzhurtubaev A.N., Kokov T.A. Efficiency of using micronutrient fertilizers on corn crops in the KBR conditions. *Razvitiye sovremennoy agrarnoy nauki: aktual'nyye voprosy, dostizheniya i innovatsii: Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchennaya pamyati zasluzhennogo deyatelya nauki RSFSR, doktora sel'skokhozyaystvennykh nauk, professora P. G. Luchkova. Chast' I* [Development of modern agricultural science: current issues, achievements and innovations. International scientific and practical conference dedicated to the memory of the Honored Scientist of the RSFSR, Doctor of Agricultural Sciences, Professor P.G. Luchkov. Part I]. Nalchik: FGBOU VO Kabardino-Balkarskiy GAU, 2024. Pp. 32–37.
22. Boziev A.L., Nogmov Kh.T., Kasheva K.Z., Ashirbekov M.Zh. Increasing the productivity and grain quality of hybrid corn depending on the use of microfertilizers. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State*

Agrarian University named after V.M. Kokov. 2024;2(44):16–24. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2024-2-44-16-24.

23. Kishhev A.Yu., Malkandueva M.I., Boziev A.L., Amkhadov V.M. Yield and quality of corn depending on element supply mineral nutrition. *Razvitiye sovremennoy agrarnoy nauki: aktual'nyye voprosy, dostizheniya i innovatsii // Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchennaya pamyati zaslužhennogo deyatelya nauki RSFSR, doktora sel'skokhozyaystvennykh nauk, professora P. G. Luchkova. Chast' I* [Development of modern agricultural science: current issues, achievements and innovations. International scientific and practical conference dedicated to the memory of the Honored Scientist of the RSFSR, Doctor of Agricultural Sciences, Professor P.G. Luchkov. Part I]. Nalchik: FGBOU VO Kabardino-Balkarskiy GAU, 2024. С. 98–102. (In Russ.)

24. Khanieva I.M., Shogenov Yu.M., Boziev A.L., Chapaev T.M., Tiev R.A., Dzhurtubaev A.N. Joint cropping of corn and soybean in the conditions of the footdown zone of the Kabardino-Balkarian Republic. *International Agricultural Journal.* 2023;66(5). (In Russ.). DOI: 10.55186/25876740_2023_7_5_10. EDN: NYZMVV

25. Dospikhov B.A. *Metodika opytного dela (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov)*. [Methodology of experimental work (with the basics of statistical processing of results)]. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

26. *Metodicheskiye rekomendatsii po provedeniyu polevykh opytov s kukuruzoy. M-vo sel. khoz-va SSSR, VASKHNIL, VNII kukuruzy. Sost. chl.-kor. VASKHNIL D.S. Filev i dr.* [Methodological recommendations for conducting field experiments with corn. USSR Agricultural Association, All-Union Academy of Agricultural Sciences, All-Union Research Institute of Corn. Compiled by Corresponding Member of All-Union Academy of Agricultural Sciences D.S. Filev et al.]. Dnepropetrovsk: B. i., 1980. 54 p.

Сведения об авторе

Шогенов Юрий Мухамедович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 5840-7710

Information about the author

Yuri M. Shogenov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 5840-7710

*Статья поступила в редакцию 13.11.2024;
одобрена после рецензирования 02.12.2024;
принята к публикации 12.12.2024.*

*The article was submitted 13.11.2024;
approved after reviewing 02.12.2024;
accepted for publication 12.12.2024.*