

ПРИМЕНЕНИЕ КРЕМНЕ-ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

Юлия Дмитриевна Смирнова, кандидат биологических наук
Наталья Викторовна Фомичева, кандидат биологических наук
Александра Андреевна Кашкова
ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва, Россия
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Аннотация. Один из способов повышения урожайности сельскохозяйственных культур — применение некорневых обработок гуминовыми препаратами. Цель работы — изучить действие кремне-гуминовых препаратов на урожайность картофеля и изменение почвенных характеристик. В опыте исследовали влияние гуминового препарата БоГум и полученных на его основе кремне-гуминовых БоГум-С и наноБоГум-С на урожайность картофеля сорта Скарб и агрохимические показатели почвы. Опыт проводили на дерново-подзолистой почве в 2020–2022 годах на агрополигоне Губино ВНИИМЗ в Тверской области. Препараты применяли для обработки клубней и двукратной некорневой подкормки вегетирующих растений картофеля. Фон — минеральные удобрения ($N_{65}P_{65}K_{65}$). Показано, что все препараты способствовали повышению урожайности картофеля, преимущественно из-за увеличения массы товарных клубней. Прибавка урожайности картофеля от применения БоГум и БоГум-С была практически одинаковой и в среднем за три года составила 4,5%, использование наноБоГум-С давало прирост 10,6%. Годы исследований отличались неблагоприятными погодными условиями (2020 — избыточно влажный, 2021 — засушливый, 2022 — слабо засушливый). Прирост урожайности картофеля показал, что препараты снижали воздействие неблагоприятных абиотических факторов. В фазе цветения картофеля отмечено уменьшение содержания монокремниевых и увеличение поликремниевых кислот в почве в вариантах с кремнийсодержащими препаратами по сравнению с контролем. При использовании всех препаратов количество подвижного фосфора увеличилось в среднем на 9–19 мг/кг почвы.

Ключевые слова: картофель, гуминовые препараты, кремний, урожайность, подвижный фосфор

THE USAGE OF SILICON-HUMIC PREPARATIONS IN THE POTATO CULTIVATION

Yu.D. Smirnova, *PhD in Biological Sciences*
N.V. Fomicheva, *PhD in Biological Sciences*
A.A. Kashkova

FRC «V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Abstract. One of the ways to increase crop yields is the use of foliar treatments with humic preparations. The purpose of the research is to study the effect of silica-humic preparations on the yield of potatoes and changes in soil characteristics. In the experiment, the effect of the humic preparation BoGum and the silicic-humic preparations BoGum-S and nanoBoGum-S obtained on its basis on the yield of potatoes of the Skarb variety and the agrochemical parameters of the soil was studied. The experiment was carried out on soddy-podzolic soil in 2020–2022, at the Gubino VNIIMZ agricultural polygon in the Tver region. The preparations were used for the treatment of tubers and double foliar feeding of vegetative potato plants. Background — mineral fertilizers ($N_{65}P_{65}K_{65}$). It was shown that all preparations contributed to the increase in the yield of potato tubers, mainly due to an increase in the mass of marketable tubers. The increase in potato yield from the use of BoGum and BoGum-S was almost the same and averaged 4.5% over three years, the use of nanosized nano-BoGum-S gave an increase of 10.6%. The years of research were distinguished by unfavorable weather conditions (2020 — excessively humid, 2021 — dry, 2022 — slightly dry). The increase in potato yield showed that the preparations reduced the impact of unfavorable abiotic factors. In the flowering phase of potatoes, a decrease in the content of monosilicic acids and an increase in polysilicic acids in the soil were noted in the variants with the use of silicic preparations compared with the control. In addition, when using all preparations, the accumulation of mobile phosphorus in the soil was observed on average by 9–19 mg/kg of soil.

Keywords: potatoes, humic preparations, silicon, productivity, mobile phosphorus

Главные показатели сельскохозяйственных культур при выращивании — урожайность и качество целевой продукции. Элемент агротехнологии, оказывающий значительное влияние на рост и формирование культуры, — основное удобрение, но важны также некорневые подкормки и подготовка семенного материала. При опрыскивании растений по листу и предпосевной обработке семян все чаще стали сочетать химические средства защиты с препаратами природного происхождения. Перспективно применение гуминовых препаратов, которые положительно влияют на всхожесть

семян, стимулируют корнеобразование, рост, цветение и плодоношение растений, повышают их иммунитет, улучшают качественные характеристики сельскохозяйственной продукции (уменьшение содержания нитратов, тяжелых металлов и радионуклидов, увеличение содержания сахаров, белков и витаминов). [12] Эффекты от различных препаратов разнятся и зависят от их качества, способа применения, культуры и сорта. Например, гуминовые препараты оказывали разное влияние на урожайность картофеля сорта *Удача*. Гумат калия жидкий торфяной и Агро Гумат+7К способствовали

увеличению урожая, Гумат+7В – нет. Отмечено положительное действие совместного использования гуматов и нитрофоски на содержание в клубнях картофеля азота, фосфора и калия. [2]

При предпосадочной обработке картофеля сорта *Санте* тремя видами гуматов наилучший результат наблюдали при аэрозольной обработке клубней жидким гуматом Кормогумат АС и при внесении сухого гумата Humate при посадке. В данных вариантах отмечали наиболее дружные и высокие всходы по сравнению с контролем и картофелем, обработанным препаратом Natural humic acids. Наибольшая урожайность получена с применением жидких гуматов, но крупных клубней было меньше, чем при использовании сухих. [5]

На рынке в небольшом количестве представлены комплексные препараты, содержащие гуминовые кислоты и соединения кремния: Эдагум СМ, производитель ООО «ЭдагумСМ Рус» (содержание SiO₂ не указывается, гуминовых и фульвокислот – 40...50 г/л); Агровит – Корпроизводитель ООО «Научный центр «Нооэкофера-XXI» (SiO₂ – 60 г/л, гуминовых и фульвокислот – 40 г/л), Эдал КС, производитель ООО «Вакуумные компоненты» (содержание SiO₂ не указывается, гуминовых кислот – 20 г/л). Кремний влияет на рост и развитие растений, повышает механическую прочность, укрепляет стенки эпидермальных клеток, защищает от воздействия внешних негативных факторов. [1, 4]

Опрыскивание посевов двух сортов озимой пшеницы препаратом Эдагум СМ в условиях степной зоны РСО-Алания способствовало росту ее урожайности в зависимости от применяемой дозы на 0,13...0,22 (сорт *Гомер*) и 0,12...0,24 т/га (*Баграм*), кроме этого отмечали рост натуре зерна, содержания белка и клейковины. [10]

Применение кремне-гуминового удобрения Агровит Кор марки А в дозе 1 л/га двукратно на посевах озимой пшеницы увеличило урожайность зерна относительно фонового варианта на 17% (0,58 т/га). Использование этого удобрения на посевах амаранта увеличивало сбор сырого протеина и сахаров. [3, 7]

ВНИИМЗ ведет разработки по созданию эффективных препаратов микробиологической, биогенной и гуминовой природы. Один из перспективных – препарат БоГум с содержанием гуминовых кислот 10...15 г/л, рН – не более 9, ОМЧ – не менее 1×10⁶ г/л, сухого остатка – не менее 20 г/л, определенным набором макро- и микроэлементов. На его основе получены кремне-гуминовые препараты с содержанием SiO₂ 0,1% БоГум-С и наноБоГум-С (наноразмерный – при ультразвуковом диспергировании). [9]

Цель работы – изучить влияние кремне-гуминовых препаратов на урожайность картофеля и изменение почвенных характеристик.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2020–2022 годах на агрополигоне Губино ВНИИМЗ (Тверская обл.) в мелкоделяночных опытах на посадках картофеля сорта *Скарб*, выращиваемого по фону минерального удобрения (нитроаммофоска N₆₅P₆₅K₆₅). Почва – дерново-подзолистая легкосуглинистая: гумус (по

Тюрину) – 2,0...2,3%, рН_{KCl} – 4,95...5,05, Нлг. (по Тюрину-Кононовой) – 44,8...45,5, P₂O₅ (по Кирсанову) – 205...230 и K₂O – 134...182 мг/кг почвы. Препаратами БоГум, БоГум-С, наноБоГум-С обрабатывали клубни за 2 ч до посадки из ручного опрыскивателя, разбавление – 1:100 (расход 50 л/т) и вегетирующие растения в фазах всходы и бутонизация в дозе 1 л/га, разбавление – 1:300. Повторность опыта четырехкратная, расположение делянок систематическое. Общая площадь делянки – 10 м². Учет урожая проводили сплошным методом, результаты обрабатывали с помощью дисперсионного анализа с вычислением наименьшей существенной разницы (НСР) при 5% уровне значимости.

В фазе цветения картофеля определяли содержание моно- и поликремниевых кислот в почве. Монокремниевые кислоты выделяли из почвы естественной влажности водой, поликремниевые – из воздушно-сухой согласно модифицированного метода Маллена и Райли. [6] В фазе увядания ботвы проводили агрохимический анализ пахотного слоя.

Таблица 1.
Урожайность картофеля сорта *Скарб* по годам

Препарат	Общая, г/куст					Товарная, г/куст				
	2020	2021	2022	сред.	%	2020	2021	2022	сред.	%
Без препаратов	621	620	523	588	—	532	568	470	525	—
БоГум	659	657	560	625	5,3	566	619	511	565	4,5
БоГум-С	661	650	558	623	5,9	550	597	498	548	4,5
наноБоГум-С	680	656	598	645	9,6	600	593	550	581	10,6
НСР	32	32	28	—	—	36	34	31	—	—

Таблица 2.
Структура урожайности картофеля сорта *Скарб* по годам

Препарат	Число товарных клубней, шт./куст				Масса одного товарного клубня, г			
	2020	2021	2022	среднее	2020	2021	2022	среднее
Без препаратов	5,6	6,9	7,1	6,6	94,5	82,0	65,8	80,8
БоГум	5,7	7,1	7,4	6,8	99,4	87,0	68,6	85,0
БоГум-С	5,7	7,3	7,1	6,7	96,5	81,8	70,0	82,8
наноБоГум-С	5,6	7,1	7,1	6,6	107,4	83,5	77,0	89,3
НСР	—	—	—	—	8,8	5,3	4,8	—

Таблица 3.
Содержание моно- и поликремниевых кислот (мг/кг) в почве под картофелем

Вариант	Актуальный кремний (монокремниевые)			Потенциальный кремний (поликремниевые)		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Без препаратов	16,2	11,6	15,3	37,0	67,0	109,5
БоГум	13,0	9,9	15,4	37,4	62,3	105,5
БоГум-С	13,0	10,1	15,1	44,1	73,1	113,7
наноБоГум-С	10,8	9,6	14,6	44,6	77,3	110,2
r*	-0,88	-0,47	-0,94	0,56	0,58	0,21
	p≤0,05	p≥0,05	p≤0,05	p≥0,05	p≥0,05	p≥0,05

Примечание. * – коэффициент корреляции между урожайностью картофеля и различными формами кремния.

Таблица 4.

Агрохимическая характеристика почвы в фазе увядания ботвы, средняя за 2020–2022 годы

Вариант	рН	Нг, мг-экв./100 г	P ₂ O ₅	K ₂ O	NO ₃	NH ₄	Нлг.
			мг/кг				
Без препаратов	4,96	2,21±0,21	204±5	138±5	14,3±1,3	13,8±1,4	39,6±2,3
БоГум	4,96	2,25±0,13	223±7	141±4	11,5±0,8	14,6±1,1	40,6±3,1
БоГум-С	4,91	2,44±0,18	213±6	123±9	8,0±1,1	11,8±1,6	41,7±2,9
наноБоГум-С	4,89	2,39±0,14	221±9	121±7	8,4±0,7	13,1±1,2	29,9±2,2

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В среднем за три года все исследуемые препараты положительно повлияли на продуктивность культуры, которая была достоверно выше контрольного варианта. Выраженный эффект отмечен от использования препарата, полученного с применением ультразвукового воздействия наноБоГум-С, прирост товарной и общей урожайности составил 10,6 и 9,6% соответственно (табл. 1). Частицы наноразмерного препарата способны быстрее проникать в растительный организм и активнее участвовать во многих физиологических и биохимических процессах растений. Урожайность картофеля в вариантах с гуминовым БоГум и кремнегуминовым БоГум-С препаратами была практически одинаковой, прирост относительно контроля – 5...6%.

Повышение урожайности картофеля во всех случаях складывалось из достоверного увеличения массы одного товарного клубня (табл. 2). Погодные условия были неблагоприятными, гидротермический коэффициент (ГТК) в 2020 году – 2,32 (избыточно влажный), 2021 – 0,96 (засушливый), 2022 – 1,28 (слабозасушливый). Препараты снижали негативное воздействие внешних абиотических факторов.

Во все годы исследования отмечали одинаковую тенденцию по содержанию кремния к фазе цветения. Количество монокремниевых кислот в почве с применением препаратов было несколько ниже, чем в контрольном (связано с выносом кремния урожаем, подтверждается проведенным корреляционным анализом), поликремниевых – увеличилось с использованием кремнийсодержащих препаратов. Максимальное значение наблюдали в варианте с наноразмерным кремнийсодержащим препаратом наноБоГум-С. Такое перераспределение обусловлено их воздействием на биохимические и микробиологические процессы.

Содержание вышеуказанных форм кремния в почвах изменяется в зависимости от ее гранулометрического состава. [8] На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве внесение кремнийсодержащих удобрений не оказывало влияния на снижение потенциального кремния в пахотном слое, а на рыхлой супесчаной почве происходило уменьшение по сравнению с контролем. Количество доступных для растений актуальных форм кремния при внесении удобрений в пахотном слое легкосуглинистой почвы снижалось, рыхлой супесчаной – увеличивалось. [8]

Агрохимический анализ почвы в фазе увядания ботвы показал меньшее содержание всех форм азота, особенно легкогидролизуемого, в опытных вариантах по сравнению с контрольным (табл. 4). Минимальное содержание азота отмечали с приме-

нением наноразмерного кремне-гуминового препарата, что связано с большим его выносом с урожаем картофеля. Коэффициент корреляции между легкогидролизуемым азотом и общей урожайностью картофеля – 0,66 ($p \geq 0,05$), что указывает на умеренно сильную связь между переменными. Данные в таблице представлены в виде среднеарифметического значения с доверительным интервалом (объем выборки $n = 9$).

Содержание фосфора увеличилось с применением препаратов в среднем на 9...19 мг/кг почвы. Рост количества доступного фосфора в почве под влиянием кремнийсодержащих препаратов описан в работах И.В. Матыченкова с соавторами. [6]

Также наблюдали небольшое повышение содержания подвижного калия с использованием гуминового препарата БоГум, кремне-гуминового – снижении. Подобные результаты были получены и в других полевых опытах с БоГум. [11]

Активно протекающие процессы азоттрансформации и мобилизации органофосфатов в почве с образованием подвижных форм фосфора приводили к высвобождению доли кислотных групп из почвенно-поглощающего комплекса. Это сопровождалось повышением гидролитической и обменной кислотности почвы к концу вегетации в вариантах с кремне-гуминовыми препаратами по сравнению с контролем.

Таким образом, установили, что гуминовый и кремне-гуминовые препараты способствуют росту урожайности картофеля сорта *Скарб*. Во всех случаях прибавка определялась увеличением массы товарных клубней, наибольшая получена при использовании наноразмерного препарата наноБоГум-С – 10,6%.

К концу вегетации отмечали уменьшение содержания монокремниевых и увеличение поликремниевых кислот в почве во всех вариантах с применением кремнийсодержащих препаратов по сравнению с контролем, количество подвижного фосфора повысилось в среднем на 9...19 мг/кг почвы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Безручко Е.В. Кремний – недооцененный элемент питания растений // Земледелие. 2020. № 4. С. 40–46. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10411.
2. Гордиенко А.Н., Амелина Т.Ю., Фадькин Г.Н. Влияние гуматов на плодородие дерново-подзолистой почвы и урожай картофеля при совместном применении с комплексным удобрением // Вестник РГАТУ. 2020. № 3 (47). С. 126–132. DOI: 10.36508/RSATU.2020.61.86.022.
3. Давыдов А.Ю., Каменев Р.А., Турчин В.В. Применение кремне-гуминового удобрения Агровит-Кор марки А на озимой пшенице на черноземе южном // Мат.

- Межд. научн.-практ. конф., посвященной 115-летию агрономического факультета Донского ГАУ / Развитие аграрной науки и практики: состояние, проблемы и перспективы. Персиановский, 2022. С. 105–109.
4. Козлов А.В., Куликова А.Х., Уромова И.П. Подвижность силикатов, показатели плодородия дерново-подзолистой почвы, биоаккумуляция кремния и продуктивность сельскохозяйственных культур под действием цеолита // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 1. С. 183–198. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.1.183rus.
 5. Костенко М.Ю., Горячкина И.Н., Тетерин В.С. и др. Анализ применения различных видов гуматов и способов их использования при возделывании картофеля // Вестник РГАТУ. 2018. № 3(39). С. 88–93.
 6. Матыченков И.В., Хомяков Д.М., Пахненко Е.П. и др. Подвижные кремниевые соединения в системе почва-растение и методы их определения // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2016. № 3. С. 37–46.
 7. Наумов М.О., Тюкина Е.В., Бочкарев Д.В. и др. Совместное применение гербицида и органоминерального удобрения при возделывании амаранта на зерно // Плодородие. 2021. № 1. С. 10–12. DOI: 10.25680/S19948603.2021.118.03.
 8. Пироговская Г.В., Ермолович И.Е., Матыченков В.В. и др. Содержание кремния в атмосферных осадках, почвах и почвенных растворах, потери при вымывании и потребление его культурами звена севооборота, возделываемых на дерново-подзолистых легкосуглинистых и рыхлосупесчаных почвах Республики Беларусь // Почвоведение и агрохимия. 2022. № 2 (69). С. 84–96. DOI: 10.47612/0130-8475-2022-2(69)-84-96.
 9. Смирнова Ю.Д., Рабинович Г.Ю., Фомичева Н.В. Получение наноразмерного кремнегуминового препарата и его первичная апробация // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2021. Т. 11. № 3 (38). С. 421–429. DOI: 10.21285/2227-2925-2021-11-3-421-429.
 10. Тедеева А.А., Тедеева В.В. Применение регулятора роста «Эдагум СМ» на посевах озимой пшеницы в РСО-Алания // Аграрный вестник Урала. 2022. № 04 (219). С. 26–36. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-219-04-26-36.
 11. Фомичева Н.В., Рабинович Г.Ю., Смирнова Ю.Д. Влияние технологических приёмов применения гуминового препарата на продуктивность яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 9. С. 53–58. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10910.
 12. Якименко О.С., Терехова В.А. Гуминовые препараты и оценка их биологической активности для целей сертификации // Почвоведение. 2011. № 11. С. 1334–1343.
 2. Gordienko A.N., Amelina T.Yu., Fad'kin G.N. Vliyaniye gumatov na plodorodie dernovo-podzolistoj pochvy i urozhaj kartofelya pri sovместnom primenenii s kompleksnym udobreniem // Vestnik RGATU. 2020. № 3 (47). S. 126–132. DOI: 10.36508/RSATU.2020.61.86.022.
 3. Davydov A.Yu., Kamenev R.A., Turchin V.V. Primeneniye kremne-guminovogo udobreniya Agrovit-Kor marki A na ozimoy pshenice na chernozeme yuzhnom // Mat. Mezhd. nauchn.-prakt. konf., posvyashchennoj 115-letiyu agromicheskogo fakul'teta Donskogo GAU / Razvitiye agrarnoj nauki i praktiki: sostoyaniye, problemy i perspektivy. Persianovskij, 2022. S. 105–109.
 4. Kozlov A.V., Kulikova A.H., Uromova I.P. Podvizhnost' silikatov, pokazateli plodorodiya dernovo-podzolistoj pochvy, bioakkumulyaciya kremniya i produktivnost' sel'skohozyajstvennykh kul'tur pod dejstviem ceolita // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2021. T. 56. № 1. S. 183–198. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.1.183rus.
 5. Kostenko M.Yu., Goryachkina I.N., Teterin V.S. i dr. Analiz primeneniya razlichnykh vidov gumatov i sposobov ih ispol'zovaniya pri vozdel'vaniy kartofelya // Vestnik RGA-TU. 2018. № 3 (39). S. 88–93.
 6. Matychenkov I.V., Homyakov D.M., Pahnenko E.P. i dr. Podvizhnye kremnievye soedineniya v sisteme pochva-rasteniye i metody ih opredeleniya // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17: Pochvovedeniye. 2016. № 3. S. 37–46.
 7. Naumov M.O., Tyukina E.V., Bochkarev D.V. i dr. Sovmestnoye primeneniye gerbiciida i organomineral'nogo udobreniya pri vozdel'vaniy amaranta na zerno // Plodorodie. 2021. № 1. S. 10–12. DOI: 10.25680/S19948603.2021.118.03.
 8. Pirogovskaya G.V., Ermolovich I.E., Matychenkov V.V. i dr. Soderzhanie kremniya v atmosferynykh osadkakh, pochvah i pochvennykh rastvorah, poteri pri vymyvaniy i potrebleniye ego kul'turami zvena sevooborota, vozdel'yaemykh na dernovo-podzolistykh legkosuglinistykh i ryhlosupeschanykh pochvah Respubliki Belarus' // Pochvovedeniye i agrohimiya. 2022. № 2 (69). S. 84–96. DOI: 10.47612/0130-8475-2022-2(69)-84-96.
 9. Smirnova Yu.D., Rabinovich G.Yu., Fomicheva N.V. Poluchenie nanorazmernogo kremneguminovogo preparata i ego pervichnaya aprobaciya // Izvestiya vuzov. Prikladnaya himiya i biotekhnologiya. 2021. T. 11. № 3 (38). S. 421–429. DOI: 10.21285/2227-2925-2021-11-3-421-429.
 10. Tedeeva A.A., Tedeeva V.V. Primeneniye regul'yatora rosta "Edagum SM" na posevah ozimoy pshenicy v RSO-Alaniya // Agrarnyj vestnik Urala. 2022. № 04 (219). S. 26–36. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-219-04-26-36.
 11. Fomicheva N.V., Rabinovich G.Yu., Smirnova Yu.D. Vliyaniye tekhnologicheskikh priyomov primeneniya guminovogo preparata na produktivnost' yarovoy pshenicy // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. T. 34. № 9. S. 53–58. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10910.
 12. Yakimenko O.S., Terekhova V.A. Guminovye preparaty i ocenka ih biologicheskoy aktivnosti dlya celey sertifikacii // Pochvovedeniye. 2011. № 11. S. 1334–1343.

REFERENCES

Поступила в редакцию 04.04.2023
Принята к публикации 18.04.2023