

КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИЕ УДОБРЕНИЯ НА КАРТОФЕЛЕ В ЦЕНТРАЛЬНОМ РЕГИОНЕ РОССИИ

*Л.С. Федотова¹, д.с.-х.н., С.В. Жевора¹, к.с.-х.н., Н.А. Тимошина¹, к.с.-х.н., Е.В. Князева¹,
Е.В. Безручко¹, С.Н. Голосов², к.х.н.*

¹*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский*

институт картофельного хозяйства имени А.Г. Лорха»,

Россия, 140051, п. Красково-1, Московская обл., Люберецкий р-н, ул. Лорха, д. 23 ЛИТЕР В.

E-mail: ldfedotova@gmail.com; E-mail: coordinazia@mail.ru, http://lorchinstitute.ru

²*ЗАО «РУСИНХИМ» E-mail: golosov_s_n@mail.ru*

Россия, 115088, г. Москва, 2-я ул. Машиностроения, д. 17, стр. 1

В опыте с картофелем на дерново-подзолистой почве Московской области изучали действие необожжённого цеолитсодержащего трепела Хотынецкого месторождения Орловской области и на его основе разработанное комплексное гранулированное удобрение. Удобрение минеральное: NPK 6,5: 9,5: 9,5 + Si, сочетающее преимущества обычных минеральных удобрений и биодоступного кремния сравнивали с комплексным гранулированным удобрением Бона Форте марка NPK 10:20:20. В схеме опыта дозы удобрений выравнены по азоту, с кратным шагом по этому элементу. Соотношения N:P:K в удобрениях следующие: 1:2:2 и 1:1,5:1,5. Внесение различных форм и доз удобрений достоверно влияли на рост и развитие растений картофеля. В условиях избыточно влажного вегетационного сезона 2017 г. удобрения на основе цеолита увеличивали период от всходов до уборки: от 72 дней (минимум) в варианте без удобрений до 94 дней (максимум) в варианте N₈₀P₁₂₀K₁₂₀Si₂ (NPK 6,5: 9,5: 9,5 + Si), и снижали до всходов период с 43-44 до 30-39 дней. Добавка цеолита в состав удобрения (NPK 6,5: 9,5: 9,5 + Si) обеспечивала пролонгированное действие N₄₀P₆₀K₆₀Si₁ с существенным снижением дозы расхода основных питательных элементов с 200 до 160 кг д.в./га и повышением продуктивности картофеля на 5,3 т/га, или 17,5% относительно варианта N₄₀P₈₀K₈₀ Бона Форте (NPK 10:20:20). Наибольшая урожайность – 35,9 т/га (прибавка к эталону Бона Форте – 8,2 т/га, или 29,6%) получена в варианте с удвоенной дозой N₈₀P₁₂₀K₁₂₀Si₂ (NPK 6,5: 9,5: 9,5 + Si), при этом существенно увеличивался сбор крахмала и витамина С с 1 га. В 2019 г. продолжилось изучение действия четырех новых форм удобрений на основе цеолитов из разных регионов России. Установлено, что в варианте с внесением удобрения марки 1/Д NPK 7,5:7,5:7,5 (на основе диатомита из Ульяновской области) в дозе N₄₀P₄₀K₄₀Si₁ урожайность картофеля была максимальной и составила 53,2 т/га, прибавка к неудобренному контролю – 23,8 т/га, или 80,9%, к варианту Бона Форте – 13,7 т/га, или 34,7 %.

Ключевые слова: картофель, урожайность, структура, качество, минеральные удобрения, цеолит (диатомит).

DOI: 10.25680/S19948603.2020.112.16

Кремниевые удобрения, а точнее золу, можно считать первыми комплексным минеральным удобрением. Еще в древнеримской империи знали о способности золы восстанавливать плодородие почв. В Древнем Египте в качестве удобрения использовали нильский ил, который содержит около 60% диоксида кремния. Научный подход к кремнию сформировался в XIX в., начиная с работ Г. Дэви (1813 г.) о роли кремния в физиологии растений.

Производство кремниевых удобрений ежегодно повышается на 20-30%, начиная с 2000 г. В настоящее время кремниевые удобрения активно используют в Японии, Южной Корее, Китае, США, Индии, Колумбии, Мексике, Австралии, Бразилии. Можно выделить несколько типов кремниевых удобрений: синтетические, на основе растительных остатков и минеральное сырье (диатомиты и цеолиты).

Поскольку кремний является структурообразующим почвенным элементом, влияющим на уровень почвенного плодородия, постоянный его вынос приводит к ускорению деградации почв [4]. Возникающий в результате дефицит кремния, как питательного элемента, резко снижает природные защитные свойства сельскохозяйственных растений [1, 12]. Это приводит к снижению урожайности и необходимости увеличения доз агрохимикатов и пестицидов, что отрицательно влияет на качество продукции и экологию среды [2, 5].

Использование кремнийсодержащего сырья (диатомиты и цеолиты) в качестве основы минеральных удобрений при их производстве позволяет повышать эффективность NPK-удобрений и получать большие урожаи лучшего качества [2, 4, 7, 8]. Как известно, фосфорные удобрения, независимо от исходного сырья, содержат существенные примеси стронция (Sr), а также кадмия (Cd), который близок по свойствам кальцию и трудно выделяется из фосфатных руд [6]. Поэтому так ценна технология активации природных фосфатов с помощью аморфного кремнезема или цеолита, позволяющая повысить в них долю доступного для растений фосфора и снизить подвижность тяжелых металлов [3]. Получаемые в результате фосфорно-кремниевые удобрения можно использовать для выращивания экологически безопасной продукции. Экологически безопасные удобрения могут быть созданы на основе природных (в т. ч. цеолитов) и искусственных ионообменников с включением различных катионов и анионов [10, 11, 13].

Цель исследований – установить биологическую эффективность цеолита, новых форм и доз агрохимикатов на основе цеолита (диатомита) в сравнении с действием традиционного комплексного гранулированного удобрения Бона Форте NPK 10:20:20, их влияние на продуктивность, структуру урожая и качество клубней картофеля в Центральном регионе России.

Методика. Полевой опыт проводили в 2017-2019 г. на дерново-подзолистой супесчаной почве на террито-

рии опытно-экспериментальной базы «Коренево» Люберецкого района Московской области.

Характеристика почвы. pH_{KCl} 5,0-5,9; сумма поглощенных оснований 3,2-4,2 мг-экв/100 г почвы; подвижный фосфор 265-297 мг/кг почвы; обменный калий 126-132 мг/кг почвы; гумус 1,9-2,1 %, мономерно-димерных форм кремния – 8,0-9,7 мг/л.

Метеоусловия. За вегетационный период средняя температура воздуха в 2017 г. составила 16,2 °С, осадков выпало 378,4 мм, или 145,3 % от нормы. ГТК за вегетационный сезон 2017 г. (очень влажный год) составил 2,31. Средняя температура воздуха за вегетационный период 2018 г. была 18,7 °С, всего осадков за вегетацию (май-август) выпало 205,9 мм, или 77,9 % от нормы. ГТК за 2018 г. составил 0,91 (засушливый год). Средняя температура воздуха за вегетационный период 2019 г. была 17,4 °С при норме 16,5 °С. Осадков за вегетационный период выпало 292,3 мм, или 112,2 % от нормы (260,5 мм). ГТК за 2019 г. составил 1,39 (влажный год). Климатическая норма ГТК в Центральной России – 1,3-1,4.

Формы удобрений в 2017-2018 г. 1. Удобрение комплексное гранулированное Бона Форте марка NPK 10:20:20, без цеолита. 2. Удобрение минеральное N:P:K 6,5: 9,5: 9,5 + Si; 50% NPK + 50% цеолита из Хотынецкого месторождения. 3. Цеолит 100%-ный (содержание активного кремния 2731 мг/кг). В схеме опыта, которая приведена в таблицах 1-4, дозы удобрений выравнены по азоту и с кратным шагом по этому элементу. Соотношения N:P:K в удобрениях следующие: 1:2:2 и 1:1,5:1,5. Согласно [4], кремнезем наиболее сильно повышает растворимость двузамещенного фосфата кальция (основы фосфорных удобрений), на первой стадии взаимодействия идет адсорбция кремниевой кислоты на фосфаты, а на второй – вытеснение фосфат-ионов в раствор. На основании этих исследований соотношение N: P: K в экспериментальном агрохимикате снижено с 1:2:2 до 1:1,5:1,5.

Формы удобрений в 2019 году. 1. Удобрение комплексное гранулированное Бона Форте марка NPK 10:20:20, без цеолита. 2. Удобрение минеральное марка 2/О NPK 6,5:9,5:9,5 – на основе Орловского цеолита из Хотынецкого месторождения. 3. Удобрение минеральное марка 1/О NPK 7,5:7,5:7,5 – на основе Орловского цеолита из Хотынецкого месторождения. 4. Удобрение минеральное марка 1/К NPK 7,5:7,5:7,5 – на основе цеолита из Ульяновской области. 5. Удобрение минеральное марка 1/С NPK 7,5:7,5:7,5 – на основе цеолита из Татарстана. 6. Удобрение минеральное марка 1/Д NPK 7,5:7,5:7,5 – на основе диатомита из Ульяновской области.

Общая площадь делянки 45 м², учетной делянки 30 м², повторность 4-кратная, расположение делянок рендомизированное внутри повторений. Сорта картофеля: в 2017-2018 гг. Колобок – среднеспелый, в 2019 г. – Жуковский ранний.

Результаты и их обсуждение. В условиях избыточно влажного вегетационного сезона 2017 г. аномально долгим был период от посадки до всходов, в среднем по опыту 38 дней (норма 20-25 дней). Это объяснялось неустойчивой дождливой и холодной погодой в мае (ГТК = 3,35). Удобрения на основе цеолита увеличивали период активной вегетации картофеля от всходов до уборки: с 72 дней (минимум) в варианте без удобрений

до 94 дней (максимум) в варианте N₈₀P₁₂₀K₁₂₀Si₂ (NPK 6,5: 9,5: 9,5 + Si), и снижали довсходовый период с 43-44 до 30-39 дней.

Наиболее активное развитие растений и прохождение основных фенофаз отмечены в варианте с максимальной дозой N₈₀P₁₂₀K₁₂₀Si₂ (NPK 6,5: 9,5: 9,5 + Si). Так, если полное (100%-ное) наступление всходов в данном варианте наблюдалось уже 4 июня (период от посадки до всходов 30 дней), то в остальных вариантах в это время количество взойшедших растений колебался от 0 (без удобрений) до 60%.

Различная интенсивность развития растений картофеля влияла на морфологию: высоту, количество стеблей и клубней на 1 куст.

Комплексом наилучших биометрических показателей характеризовались растения в варианте с удвоенной дозой N₈₀P₁₂₀K₁₂₀Si₂ (NPK 6,5: 9,5: 9,5 + Si). В этом варианте сформировалось: 3,8 стеблей, 16,5 клубней и 63 см высота растений, что выше аналогичных значений контроля без удобрений и эталона (Бона Форте).

Данные по росту и развитию растений наглядно показывают значимость минеральных удобрений с цеолитом не только как источников питательных элементов, но и как стимуляторов физиологических процессов, что отмечали в своих исследованиях и другие авторы [5, 7, 9, 12].

Существенное увеличение количества клубней в расчете на 1 куст наблюдалось во всех вариантах с удобрениями. Во 2-м N₄₀P₈₀K₈₀ (Бона Форте) и 3-м N₄₀P₆₀K₆₀Si₁ (NPK 6,5: 9,5: 9,5) вариантах число клубней увеличилось до 15,3 на 1 куст, масса продовольственного и семенного клубней, соответственно, до 190 и 49-52 г. В 4-м варианте N₈₀P₁₂₀K₁₂₀Si₂ (NPK 6,5: 9,5: 9,5) сформировалось 16,5 клубней на 1 куст, с максимальной массой продовольственных и семенных клубней 202 и 55 г соответственно.

В среднем за два года исследований (2017-2018 гг.) прирост урожайности в 3-м варианте N₄₀P₆₀K₆₀Si₁ за счет изменения соотношения N: P: K с 1: 2: 2 на 1: 1,5: 1,5 и включения цеолита в состав гранул составил 2,8 т/га, или 10,1% (табл. 1). Максимальная эффективность экспериментального удобрения (NPK 6,5:9,5:9,5 + Si) наблюдалась во влажный 2017 г., когда прибавка в этом варианте составила 5,3 т/га, или 17,5% к варианту с эталоном (Бона Форте, N: P: K = 10: 20: 20).

При суммарном снижении дозы NPK с 200 кг д.в/га (2-й вариант) до 160 кг д.в/га (3-й вариант), рост урожайности на 10,1% можно объяснить наличием цеолита или активного кремния в составе гранул удобрения.

В 4-м варианте N₈₀P₁₂₀K₁₂₀Si₂ при удвоении дозы удобрения (NPK 6,5: 9,5: 9,5) отмечен максимальный рост урожайности относительно эталона (Бона Форте). Основное внесение цеолита в дозе 5000 кг/га перед посадкой способствовало формированию урожайности выше абсолютного контроля. Высокий агрономический эффект цеолита в дозе 5000 кг/га в 2017 и 2018 гг. на легкой дерново-подзолистой почве можно объяснить увеличением адсорбирующей способности и повышением содержания биодоступного кремния.

Удобрения способствовали увеличению валовой урожайности, изменяли соотношение фракций и массу клубней (товарность урожая), что влияло на показатели качества продукции, сбор крахмала и витамина С с 1 га посадок.

1. Урожайность картофеля (сорт Колобок) в зависимости от различных форм и доз удобрений

№ вар.	Формы, дозы удобрений, кг д.в/га	Урожайность, т/га		Средняя, т/га	Прибавка				Товарность, %
		2017 г.	2018 г.		к вар. 1		к вар. 2		
					т/га	%	т/га	%	
1	Без удобрений	12,8	18,5	15,7	-	-	-	-	89,9
2	БФ* NPK10:20:20 N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	30,2	25,3	27,7	12,0	76,4	-	-	92,1
3	NPK6,5:9,5:9,5 N ₄₀ P ₆₀ K ₆₀ Si ₁	35,5	25,5	30,5	14,8	94,3	2,8	10,1	94,5
4	NPK6,5:9,5:9,5 N ₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ Si ₂	41,8	30,1	35,9	20,2	128,7	8,2	29,6	95,8
5	Si ₁₅ (цеолит, 5000 кг)	28,8	22,3	25,5	9,8	62,4	-	-	91,3
	HCP ₀₅	1,7	1,9						2,1

*БФ – Боне Форте (здесь и в табл. 2).

С учётом высокой урожайности и товарности, наибольший выход крахмала и витамина С с 1 га получен в 4-м варианте N₈₀P₁₂₀K₁₂₀Si₂ (NPK6,5: 9,5: 9,5+Si), соответственно, 47,9 ц и 5,6 кг, что выше в 2,1-2,5 раза аналогичных показателей абсолютного контроля и варианта с Бона Форте – по крахмалу на 27,7% и по витамину С на 14,3%.

Внесение различных форм и доз экспериментальных удобрений на основе цеолитов из разных регионов России в 2019 г. повлияло на биометрические показатели растений картофеля, его урожайность и товарность (табл. 2). Максимальное количество стеблей и клубней, а также высота растений наблюдались в варианте 1/Д NPK 7,5:7,5:7,5.

2. Биометрические показатели растений картофеля (сорт Жуковский ранний) и его урожайность в зависимости от удобрений (2019 г.)

№ вар.	Марка и дозы NPK, кг д.в./га	Высота растений, см	Число стеблей на 1 куст	Число клубней на 1 куст	Урожайность, т/га	Товарность, %
1	Без удобрений	43	2,9	9,3	29,4	94,0
2	БФ NPK 10:20:20 N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	56	3,4	10,6	39,5	95,8
3	2/О NPK 6,5:9,5:9,5 N ₄₀ P ₆₀ K ₆₀ Si ₁	57	3,6	11,9	43,2	96,6
4	1/О NPK 7,5:7,5:7,5 N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ Si ₁	59	3,4	10,5	41,8	97,7
5	1/К NPK 7,5:7,5:7,5 N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ Si ₁	53	3,6	11,8	45,2	98,2
6	1/С NPK 7,5:7,5:7,5 N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ Si ₁	60	3,4	10,5	42,1	97,6
7	1/Д NPK 7,5:7,5:7,5 N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ Si ₁	62	3,8	12,8	53,2	97,8
	HCP ₀₅	8	1,0	1,6	1,9	

Урожайность сельскохозяйственных культур является интегральным показателем, отражающим ответную реакцию растения на условия и факторы выращивания и дает самую объективную оценку выбранной технологии или агроприема, в частности, эффективности изучаемых агрохимикатов.

В условиях 2019 г. – засушливого в первой половине (май, июнь) и дождливого во второй половине (июль, август) – прибавка урожайности картофеля сорта Жуковский ранний в варианте с удобрением Бона Форте составила 10,1 т/га, или 34,3%, а в вариантах с испытываемыми марками агрохимикатов урожайность превышала контроль без удобрений в 1,5-2,0 и более раз.

Во всех вариантах с агрохимикатами на основе цеолитов и диатомита получены достоверные прибавки урожайности – на 2,3-13,7 т/га, или на 5,8-34,7% по сравнению с вариантом традиционного удобрения Бона Форте (N₄₀P₈₀K₈₀).

В варианте с внесением удобрения марки 1/Д NPK 7,5:7,5:7,5 (на основе диатомита) в дозе N₄₀P₄₀K₄₀Si₁ урожайность картофеля была максимальной, прибавка к необудобренному контролю составила 23,8 т/га, или 80,9%, к варианту Бона Форте – 13,7 т/га, или 34,7 %.

В таблице 3 представлены данные о влиянии испытываемых форм удобрений на количество клубней в расчете на 1 растение (куст) и на 1 га. Как видно в вариантах с удобрениями наблюдалось существенное увеличение количества и массы клубней.

Максимальное число клубней сформировалось в 7-м варианте с удобрением марки 1/Д NPK 7,5: 7,5: 7,5 в дозе N₄₀P₄₀K₄₀Si₁ – 12,8 на 1 куст, с максимальной массой продовольственного (236 г) и семенного (85 г) клубней.

Наибольший количественный выход семенной фракции клубней в пересчете на 1 га отмечен в 5-м (1/К NPK

7,5:7,5:7,5) и 7-м (1/Д NPK 7,5: 7,5: 7,5) вариантах, что на 41,7-48,3% выше варианта с Бона Форте.

3. Влияние различных форм и доз удобрений на количество и массу клубней (2019 г.)

№ вар.	Число клубней на 1 куст				Средняя масса клубня, г		Выход семян (30-60 мм), тыс/га
	всего	> 60 мм	30-60 мм	<30 мм	> 60 мм	(30-60 мм)	
1	9,3	0,6	6,8	1,9	183	75	299,2
2	10,6	2,0	6,0	2,6	202	79	264,0
3	11,9	2,0	7,6	2,3	197	76	334,4
4	10,5	1,9	7,0	1,6	200	81	308,0
5	11,8	1,4	8,5	1,9	221	83	374,0
6	10,5	2,0	6,5	2,0	186	87	308,0
7	12,8	1,8	8,9	2,1	236	85	391,6
HCP ₀₅			1,6		13	9	70,4

Различные формы испытываемых удобрений способствовали существенному увеличению валовой урожайности, изменяли товарность урожая и показатели качества товарных клубней (табл. 4). Достоверное снижение сухого вещества и крахмала отмечено в продукции 2-го варианта с Бона Форте и маркой 1/Д N₄₀P₄₀K₄₀Si₁. В остальных вариантах видна лишь тенденция к снижению содержания сухого вещества и крахмала по сравнению с необудобренным контролем, но немного выше значений варианта с Бона Форте.

Очевидно, снижение содержания крахмала (сухого вещества) в вариантах с испытываемыми формами удобрений (2-7 вар.) объясняется существенным увеличением валового урожая и повышением массы товарных клубней на 10-29%, в основном, за счет повышения оводненности тканей.

Содержание витамина С в продукции 5- и 6-го вариантов было на уровне Бона Форте и необудобренного контроля, в других вариантах (3-, 4- и 7-й) отмечено снижение этого показателя, что можно объяснить недостатком тепла в вегетационный сезон.

4. Биохимические показатели качества клубней картофеля (сорт Жуковский ранний), 2019 г.

№ п/п	Формы, дозы удобрений, кг д.в/га	Сухое вещество	Крахмал	Витамин С, мг%	Нитраты, мг/кг клубней
		%			
1	Без удобрений	18,8	13,1	17,8	40
2	БФ NPK 10:20:20 N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	16,1	10,4	17,2	86
3	2/О NPK 6,5:9,5:9,5 N ₄₀ P ₆₀ K ₆₀ Si ₁	17,4	11,7	16,7	83
4	1/О NPK 7,5:7,5:7,5 N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ Si ₁	17,4	11,7	16,9	97
5	1/К NPK 7,5:7,5:7,5 N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ Si ₁	17,2	11,4	17,1	81
6	1/С NPK 7,5:7,5:7,5 N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ Si ₁	17,5	11,7	17,3	88
7	1/Д NPK 7,5:7,5:7,5 N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ Si ₁	16,8	11,0	16,7	80
	НСР ₀₅	1,5	1,1	1,3	35

Закключение. По результатам исследований в 2017-2018 гг. установлено, что добавка цеолита в состав удобрения (NPK 6,5: 9,5: 9,5 + Si) обеспечивала эффективное действие NPK с существенным снижением дозы расхода с 200 до 160 кг д.в./га и повышением: продуктивности картофеля на 2,8 т/га (10,1%), выхода семян на 17,6 тыс. шт/га, сбора крахмала с 1 га на 27,7% относительно комплексного минерального удобрения Бона Форте (N: P: K = 10: 20: 20).

В условиях 2019 г. во всех вариантах с испытуемыми марками агрохимикатов на основе цеолитов (диатомита) получены достоверные прибавки урожайности картофеля на 2,3-13,7 т/га, или на 5,8-34,7% по сравнению с вариантом Бона Форте (N₄₀P₈₀K₈₀).

В варианте с внесением удобрения марки 1/Д NPK 7,5:7,5:7,5 (на основе диатомита из Ульяновской области) в дозе N₄₀P₄₀K₄₀Si₁ урожайность картофеля была максимальной и составила 53,2 т/га, прибавка к не-удобренному контролю – 23,8 т/га, или 80,9%, к варианту Бона Форте – 13,7 т/га, или 34,7 %.

Следует отметить, что достигнутые результаты в вариантах с удобрениями, содержащими биодоступный кремний, получены при существенном уменьшении дозы вносимых фосфора и калия (на 30 и 50 %) от их содержания в традиционном минеральном удобрении Бона Форте.

Целесообразность применения агрохимикатов нового поколения, к которым относятся изучавшиеся формы удобрений на основе цеолитов (диатомита), диктуется интенсивностью технологического процесса возделывания картофеля. В результате пашня, особенно на почвах легкого гранулометрического состава, быстро истощается запасами обменно-поглощенных оснований (кальция, магния) и биодоступного кремния, и одновременно зафосфачивается. Это снижает потенциаль-

ное плодородие почвы и ведет к загрязнению окружающей среды, снижению урожайности возделываемых культур.

Литература

1. Верниченко И.В. Влияние селена и кремния на устойчивость растений ячменя к засухе и наличие в почве алюминия при внесении меченого ¹⁵NO₃/ И.В. Верниченко, Л.В. Осипова, Т.Л. Курносова, И.А. Быковская В.А., Литвинский, А.А. Лапушкина//Плодородие. – 2018. – № 5. – С. 12-15.
2. Куликова А.Х. Кремний и высококремнистые породы в системе удобрения сельскохозяйственных культур. – Ульяновск: Изд-во Ульяновской ГСХА, 2012. – 167 с.
3. Лапушкина А.А. Влияние предпосевной обработки семян селеном и кремнием на накопление тяжелых металлов в растениях ячменя в условиях засухи //Плодородие. – 2018. – №5. – С. 52-53.
4. Матыченков В.В., Бочарникова Е.А., Кособрюхов А.А., Биль К.Я. О подвижных формах кремния в растениях // Доклады РАН. – 2008. – № 418(2). – С. 279-281.
5. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. – М.: Высш. шк., 2002. – 334 с.
6. Петрухин А.С., Левин В.И. Выращиваем экологически безопасный картофель // Картофель и овощи. – 2017. – №4. – С. 31-33.
7. Пузырьков П.Е., Дорожкина Л.А., Сальников Н.А. Силиплант в технологии выращивания картофеля. В сб. материалов научно-практической конференции «Современные тенденции и перспективы инновационного развития картофелеводства». – Чебоксары: КУП Чувашской Республики «Агро-Инновации», 2011. – С 151-153.
8. Самсонова Н.Е. Влияние соединений кремния и минеральных удобрений на урожайность яровых зерновых культур и содержание в них антиоксидантных ферментов / Н.Е. Самсонова, М.В. Капустина, З.Ф. Зайцева // Агрохимия. – 2013. – №10. – С. 66-74.
9. Belarhnikova E.A., Matichenkov V.V., Pinsky D.L. The influence of soluble silica acids on behavior of heavy metals in soil and natural waters // Proc. World-wide Symposium Pollution in Large Cities. Italy, Venice /Padova, 1995. P. 43-51.
10. Belanger R.L. The role of silicon in plant-pathogen interaction: toward universal model // Proc. III Silicon in Agriculture Conf. / Ed. G.H. Korndorfer, Umuherlandia: Universidade Federal de Umuherlandia, 2005. P. 34-40.
11. Ma J.F., Takahashi E. Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan. Netherlands: Elsevier, 2002, 281 p.

USE OF SILICON-BASED FERTILIZERS FOR POTATO GROWING IN THE CENTRAL REGION OF RUSSIA

L.S. Fedotova¹, S.V. Zhevor¹, N.A. Timoshina¹, E.V. Knyazeva¹, E.V. Bezruchko¹, S.N. Golosov²

¹Lorh Potato Research Institute, Lorha ul. 23V, 140051 Kraskovo-1 settl., Russia, e-mail: koordinazia@mail.ru, ldfedotova@gmail.com;

²RUSINHIM, Vitoraya ul. Mashinostroyeniya 17 bldg. 1, 1150881 Russia, Moscow, e-mail: golosov_s_n@mail.ru

In the course of the experiment, we studied the effect of unbaked zeolite-containing bergmeal of Khotynets field (Oryol region) and bergmeal-based complex granular fertilizer: "Mineral fertilizer: NPK 6.5:9.5:9.5+Si". This fertilizer combines the advantages of conventional mineral fertilizers and bioavailable silicon. These fertilizers were compared with the complex granular fertilizer «Bona Forte» NPK 10:20:20. In the experimental design, the doses of fertilizers are aligned by nitrogen, with a multiple step for this element. The ratios N:P:K in the fertilizers are as follows: 1:2:2 and 1:1.5:1.5. An application of various forms and doses of fertilizers significantly influenced the growth and development of potato plants. In the conditions of the excessively wet vegetation season of 2017, zeolite-based fertilizers increased the period from seedling to harvest: from 72 days (minimum) in the version without fertilizers to 94 days (maximum) in the variant N₈₀P₁₂₀K₁₂₀Si₂ (NPK 6.5:9.5:9.5+Si), and reduced the pre-emergence period from 43-44 to 30-39 days. The addition of zeolite to the fertilizer (NPK 6.5:9.5:9.5+Si) ensured the prolonged action of N₄₀P₆₀K₆₀Si₁ with a significant reduction in the rate of main nutrients consumption from 200 to 160 kg/ha (active ingredient) and an increase in potato productivity by 5.3 t/ha or 17.5% relative to the Bona Forte version N₄₀P₈₀K₈₀ (NPK 10:20:20). The highest yield – 35.9 t/ha (increase to the standard of Bon Forte – 8.2 t/ha or 29.6%), obtained in the double-dose variant N₈₀P₁₂₀K₁₂₀Si₂ (NPK 6.5:9.5:9.5+Si), while significantly increasing the harvest of starch and vitamin "C" from 1 hectare. In 2019, we continued to study the action of 4 new forms of zeolite-based fertilizers from different regions of Russia. It was found that in the variant with the introduction of fertilizer «1/Д NPK 7.5:7.5:7.5» (diatomite-based fertilizer from the Ulyanovsk region) at a dose of N₄₀P₄₀K₄₀Si₁, the potato yield was maximum and amounted to 53.2 t/ha, an increase 23.8 t/ha or 80.9% for non-fertilized control, 13.7 t/ha or 34.7% for the Bon Forte variant.

Keywords: potatoes, productivity, structure, quality, mineral fertilizers, zeolite (diatomite).