

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИРОДНЫХ СЫННЫРИТОВ КАК КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ В АГРОЦЕНОЗЕ С КАРТОФЕЛЕМ

Н.И. Аканова¹, д.б.н., Р.А. Каменев², д.с.-х.н., Я.А. Сидоров²

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова», 127550, Москва, ул. Прянишникова, 31а, Россия

²ФГБОУВО «Донской государственный аграрный университет», 346493, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24, Россия

Рассмотрены результаты агроэкологической оценки эффективности природных сынныритов, используемых в возрастающих дозах в качестве калийных удобрений при возделывании картофеля в Нечерноземной зоне. Установлено положительное влияние сынныритов на формирование урожая клубней картофеля и их качество. Получена достоверная прибавка урожайности картофеля 18-36% при внесении сынныритов в дозе 90-120 кг К₂О/га. Выход товарной фракции клубней картофеля составил 84-88% (на контроле – 68%). Применение сынныритов способствовало улучшению показателя рН_{КС}, увеличению в почве в слое 0-20 см содержания подвижного калия.

Ключевые слова: сынныриты, калийные удобрения, урожайность, плодородие почв, мелиорант, кислотность почв, картофель.

Для цитирования: Аканова Н.И., Каменев Р.А., Сидоров Я.А. Эффективность природных сынныритов как калийных удобрений в агроценозе с картофелем//Плодородие. – 2025. – №6. – С. 78-81. DOI: 10.25680/S19948603.2025.147.15.

Калий – важный элемент питания, который играет ключевую роль в различных физиологических и биохимических функциях растений. Внесение калийных удобрений способствует лучшему росту и развитию растений. Даже при значительных валовых запасах калия в почве калийное питание может лимитироваться сорбционно-десорбционными процессами. Вероятными причинами возникающих противоречий по использованию калийных удобрений являются несопоставимость объектов исследования (разные гранулометрический и, минералогический состав, режимы почвы), использование неодинаковых методических подходов, невыясненный до конца механизм преобразования калийных соединений в почве [3-8].

В последнее время насыщенность пашни Московской области минеральными удобрениями составила 20-25 кг д.в/га, что связано с высокой стоимостью удобрений. При этом сельхозтоваропроизводители отдают предпочтение азотным удобрениям. Однако, исследования показывают, что длительное применение физиологически кислых азотных удобрений приводит к разрушению калийсодержащих минералов, трансформации и переносу калийных соединений. В результате наблюдается увеличение в подпахотном слое почвы валового содержания калия и его обменной формы на 20-25%. Внесение только азотных и фосфорных удобрений без компенсации выноса калия приводит к уменьшению содержания обменных и необменных соединений калия в верхнем 0-20 см слое почвы [9-11].

Картофель – одна из важнейших продовольственных, кормовых и технических культур в мире. Среди основных продовольственных культур он занимает четвертое место после пшеницы, риса и кукурузы. К важнейшим биологическим особенностям картофеля относится высокая потребность в калии. В большинстве научных работ [12-16] отмечено положительное влияние калийных удобрений на повышение урожайности картофеля.

Урожайность картофеля в земледелии Московской области существенно ниже реально возможного уровня, что связано с низким плодородием почв. Возникает

потребность в разработке прогрессивных технологий возделывания культуры с учетом оптимизации минерального питания, в том числе калийного. Одним из перспективных представителей калийных удобрений может быть бесхлорное калийное удобрение на основе природных сынныритов. Для решения поставленной задачи были проведены комплексные исследования по эффективности применения в возрастающих дозах природных сынныритов, как калийных удобрений.

По имеющимся в литературе сведениям, сынныриты являются редко встречающимися рудами, которые представляют собой гололейкократовую плотную породу, состоящую из (об.%): калиевого полевого шпата – 55-85, кальсилита – до 35, нефелина – до 10 и биотита – 1-2 [1, 2]. Сыннырский массив содержит ультракалийевые сиениты, сынныриты, которые могут быть потенциальным сырьем для производства бесхлорных калийных удобрений. Прогнозные ресурсы сырья, доступные для открытой разработки, оцениваются в 2,6 млрд. т.

В этой связи использование природных агроруд может послужить решению важной задачи современного земледелия – оптимизации и регулированию плодородия почв. В сложившихся условиях большое внимание следует обратить на производство и применение быстропроизводимых и малозатратных форм калийных удобрений, к которым относятся молотые сынныриты.

Вопросу взаимодействия в почве калия посвящено немало исследований. Однако, следует отметить, что сынныриты характеризуются высоким содержанием кремния, который относится к числу необходимых биофильных макроэлементов для формирования продуктивности растений, скелетной их части, способствует укреплению стеблей и оптимизации их морфометрических параметров, активно участвует в процессах метаболизма, в том числе, в энергетическом обмене, повышает устойчивость растений к биотическим, абиотическим стрессам, болезнетворным фитопатогенам.

Однако, проблема использования в сельскохозяйственном производстве калийсодержащих удобрений с высоким содержанием кремния недостаточно изучена.

Основным фактором, препятствующим широкому распространению природных аггруд, как калийных удобрений, в сельскохозяйственной практике, производимых на основе сынныритов, является низкая информированность сельхозтоваропроизводителей.

Вышеизложенное обуславливает актуальность проведенных исследований по выявлению позитивных тенденций к изменению плодородия дерново-подзолистых почв, повышению обеспеченности почв калием и урожайности картофеля при использовании нетрадиционных природных источников минерального питания – молотых сынныритов. Особенно важное значение такие исследования приобретают в современных сложных экономических условиях, импортозамещения и экстремальных ситуациях при экологических стрессах.

Цель наших исследований – дать сравнительную оценку эффективности различных видов калийных удобрений в зависимости от доз при возделывании картофеля.

Методика. Опыт был заложен в 2021 г. В задачи исследований входило изучение воздействия молотых сынныритов на агрохимические свойства дерново-подзолистых почв, урожай и качество клубней картофеля.

Научная новизна проведенных исследований состоит в научном обосновании целесообразности использования молотых сынныритов для повышения калийного уровня почв. Оценена обеспеченность дерново-подзолистой почвы доступными формами кремния и выявлено влияние этого фактора на формирование качества клубней картофеля. Применение калий-кремнийсодержащих удобрений из природной руды сынныритов позволит по-новому решить проблему улучшения как калийного состояния дерново-подзолистых почв, так и обеспечения доступным кремнием для повышения урожая и качества клубней картофеля.

Схема опыта.

1. Контроль (без удобрений).
2. N₆₀P₆₀ – фон (Ф).
3. Ф + K₉₀ (KCl).
4. Ф + K₉₀ (сынныриты).
5. Ф + K₁₂₀ (KCl).
6. Ф + K₁₂₀ (сынныриты).

Расчёт доз сынныритов проводили через содержание в нем калия. Сынныриты и хлористый калий вносили осенью под вспашку на глубину 22 см. Размещение делянок последовательное. Объект исследования – картофель сорта Гала. Схема посадки – 30 × 70 см. Обработка почвы общепринятая для Московской области. Общая площадь делянки 50 м².

Почва участка дерново-подзолистая среднесуглинистая среднегумусированная (2,2%), реакция среды слабощелочная (рН_{KCl} 5,2), содержание подвижного фосфора – среднее (152 мг/кг), подвижного калия – низкое (85 мг/кг).

В Московской области, согласно данным обследования агрохимцентром, около 70% пахотных земель нуждается в известковании, поэтому важно исследование вопроса применения сынныритов в качестве химического мелиоранта.

Результаты и их обсуждение. Отбор проб и определение минерального состава природного сыннырита методом рентгенографического количественного фазового анализа (РКФА) показало, что главными породообразующими минералами являются микроклин и калисилит, к

второстепенным относятся нефелин, биотит, пироксен и гранат (табл. 1).

1. Минеральный (фазовый) состав исходной руды (по данным РКФА)

Минерал	Химическая формула	Массовая доля, %
Кальсилит	KAlSiO ₄	25
Нефелин	(Na,K)AlSiO ₄	4
Калиевый полевой шпат	KAl[Si ₃ O ₈]	64
Пироксен	Ca(Mg,Fe)[Si ₂ O ₆]	2
Гранат	Ca ₃ Fe ₂ [SiO ₄] ₃	1
Биотит	K(Mg,Fe) ₃ [AlSi ₃ O ₁₀](OH) ₂	3
Сумма кристаллических фаз		99

Калиевый полевой шпат представлен двумя разновидностями – ортоклазом и микроклином. Кальсилит (нефелин) образует мирмекитоподобные сростания, в центре таких сростаний отмечается «чистый» полевой шпат.

По данным количественного химического анализа, массовое содержание общего оксида калия (K₂O) составило 17,82%. Основными элементами руды являются кремний – Si, алюминий – Al, калий – K, кальций – Ca и железо – Fe, связанные с главными породообразующими минералами: микроклином, калисилитом и биотитом.

Количественный химический состав исходной руды (%):

K₂O – 17,82; Al₂O₃ – 21,3; CaO – 1,05; MgO – 0,23; P₂O₅ – 0,026; Fe₂O₃ – 1,97; SiO₂ – 56,9; ZnO – 0,005; TiO₂ – 0,13; S_{общ.} – 0,015; MnO – 0,047.

Определено, что среднее содержание пентаоксида фосфора до 0,04-0,24 мас.%, серы 0,005-0,046%. Калий в сыннырите находится в водонерастворимой форме, что предохраняет его от вымывания из пахотного слоя. Содержание доступного калия 16,5-20%.

Для использования сынныритов в качестве калийных удобрений природную руду размалывают, причем особенностью применяемых мельниц является возможность получить готовый продукт с разным гранулометрическим составом – от 1,0 мм до 20 мкм. Использование сухого помола руды обусловлено необходимостью сохранения растворимого оксида калия (K₂O) в готовой продукции.

При использовании сынныритов в дозе 90 и 120 кг K₂O/га (вар. 4 и 6) получена достоверная прибавка урожая клубней картофеля (табл. 2).

2. Влияние сынныритов на урожайность картофеля (в среднем за 2023-2024 г.)

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка урожая	
		общая, т/га	% к фону
1. Контроль (без удобрений)	14,5	-	-
2. N ₆₀ P ₆₀ - фон (Ф)	18,7	4,2	-
3. Ф+ K ₉₀ (KCl)	21,7	7,2	15,8
4. Ф+ K ₉₀ (сынныриты)	22,1	7,6	18,2
5. Ф+ K ₁₂₀ (KCl)	24,8	10,3	32,6
6. Ф+ K ₁₂₀ (сынныриты)	25,6	11,1	36,9
НСР ₀₅	2,1		

Прибавка урожая клубней картофеля в варианте с применением 90 кг K₂O/га в виде сынныритов составляет 52,4% к контролю, а с такой же дозой калия, внесенного в виде хлористого калия, – 49,6% к контролю.

При повышении дозы калийных удобрений урожайность картофеля увеличилась, однако, преимущество сынныритов сохранилось. В варианте с применением

120 кг K₂O/га в виде сынныритов прибавка урожая клубней составляет 76,6% к контролю, а в варианте с такой же дозой калия при внесении хлористого калия – 71,0% к контролю.

Использование сынныритов было высокоэффективным, их влияние на формирование урожайности картофеля превосходило действие хлористого калия. Повышение урожайности картофеля в вариантах 4 и 6 получено за счёт увеличения массы клубней с куста, массы 1 клубня и количества клубней в кусте (табл. 3). Максимальный выход товарной фракции получен в варианте 6 – фон + сынныриты 120 кг K₂O/га.

3. Влияние различных форм калийных удобрений на структуру урожайности картофеля (в среднем за 2023-2024 г.)

Вариант	Масса		Число клубней на 1 куст	Товарная фракция, %
	клубней, г/куст	клубня, г		
1. Контроль (б/у)	437	42	9,2	68
2. N ₉₀ P ₉₀ – фон (Ф)	597	51	10,6	81
3. Ф + K ₉₀ (КСI)	639	56	12,0	78
4. Ф + K ₉₀ (сынныриты)	672	59	12,2	84
5. Ф + K ₁₂₀ (КСI)	783	66	11,5	84
6. Ф + K ₁₂₀ (сынныриты)	790	70	12,6	88
НСР ₀₅	147	11	2,6	7

Максимальное содержание сухого вещества и крахмала в клубнях картофеля наблюдали в контрольном варианте (без удобрений) (табл. 4). В клубнях вариантов, где применяли сынныриты, отмечено снижение содержания нитратов, в сравнении с аналогичными вариантами с внесением хлористого калия. Однако ни в одном варианте не выявлено превышения ПДК.

4. Влияние калийных удобрений на качество клубней картофеля (в среднем за 2023-2024 г.)

Вариант	Сухое вещество	Крахмал	Нитраты, мг/кг
	%		
1. Контроль (б/у)	20,8	15,4	179
2. N ₉₀ P ₉₀ – фон (Ф)	20,6	14,6	212
3. Ф + K ₉₀ (КСI)	21,0	14,3	225
4. Ф + K ₉₀ (сынныриты)	21,3	14,8	196
5. Ф + K ₁₂₀ (КСI)	21,6	13,7	245
6. Ф + K ₁₂₀ (сынныриты)	22,0	14,7	213
НСР ₀₅	2,1	1,3	62
ПДК	-	-	250

Применение сынныритов способствовало улучшению кислотности-основных свойств почвы, достоверно увеличился показатель рН_{KCl} (табл. 5). Увеличение показателя рН_{KCl} изменялось с возрастанием дозы сынныритов в сторону, близкую к нейтральной среде.

5. Влияние калийных удобрений на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы (0-20 см)

Вариант	рН _{KCl}	N-NH ₄	N-NO ₃	N _{мин}	P ₂ O ₅	K ₂ O
		мг/кг				
Контроль (б/у)	5,2	8,5	15,0	23,5	152	89
N ₉₀ P ₉₀ – фон (Ф)	5,2	9,6	23,3	32,9	186	91
Ф + K ₉₀ (КСI)	5,2	9,8	23,3	33,2	193	129
Ф + K ₉₀ (сынныриты)	5,5	9,7	25,8	35,5	204	131
Ф + K ₁₂₀ (КСI)	5,3	10,7	23,6	34,3	198	148
Ф + K ₁₂₀ (сынныриты)	5,8	11,3	25,1	36,4	212	143
НСР ₀₅	0,1	23,2	18,9	34,5	25	31

Внесение минеральных удобрений привело к увеличению в почве минерального азота (в 1,5 раза) за счёт как аммонийной, так и нитратной частей. При внесении сынныритов отмечено увеличение накопления минерального азота. Содержание подвижного фосфора в почве достоверно возросло при использовании азотного и фосфорного удобрений. Однако, на фоне внесения сынныритов отмечена тенденция к увеличению этого показателя в сравнении с фоном и вариантами с внесением хлористого калия. В почвенной среде кремний, входящий в состав сынныритов, выполняет важную функцию – способствует высвобождению фосфора из почвенного поглощающего комплекса и переводу его в доступное состояние, блокированию карбонатов почвенного раствора, приводящего к снижению сорбции и ретроградации растворимых фосфатов [17].

Содержание подвижного калия в почве существенно увеличилось при внесении калийных удобрений. Однако, при использовании сынныритов в дозах 90 и 120 кг K₂O/га величина показателя не превышала варианты с внесением хлористого калия в тех же дозах (см. табл. 5). В отличие от вариантов с внесением хлористого калия, прогнозируется дальнейшее улучшение калийного режима почвы, основываясь на пролонгированном свойстве природных сынныритов.

Заключение. Результаты исследований показали, что в условиях применения калий-кремниевых минеральных удобрений, выпускаемого на основе природных сынныритов, получена достоверная прибавка урожайности картофеля 18-36%. Выход товарной фракции клубней картофеля в этих вариантах составил 84-88% (контрольный вариант – 68%). Повышение урожайности картофеля произошло за счёт увеличения массы клубней с куста, массы 1 клубня и количества клубней в кусте. Применение сынныритов способствовало улучшению показателя рН_{KCl}, увеличению в почве (0-20 см) содержания подвижного калия, и отмечена тенденция к повышению содержания фосфора.

Литература

- Смыслов С. А., Каюков А. Е., Быстрицкий А. О., Соколова А. Н., Сотникова И. А. Новые данные о геологическом строении сыннырского ультракалийного интрузивного массива // Геодинамика и тектонофизика. – 2022. – № 13(4). – С. 1-6.
- Беляев Г.Н. Калийные удобрения из калийных солей Верхнекамского месторождения и их эффективность. – Пермь: Перм. кн. изд-во, 2005. – 304 с.
- Лукин С.М. Калийное состояние дерново-подзолистой почвы и баланс калия при длительном применении удобрений // Агрохимия. – 2012. – №12. – С.5-14.
- Мащев И.Н., Арзыбов В.А. Влияние удобрений и известкования почвы на продуктивность картофеля // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2013. – № 4. – С. 26-29.
- Митрофанова Е.М., Косолапова А.И. Содержание обменного калия в дерново-подзолистых почвах Предуралья при известковании // Плодородие. – 2010. – № 5. – С.1-2.
- Михайлова Л.А., Алёшина М.А., Алёшина Д.В. Влияние условий минерального питания на продуктивность и качество картофеля при возделывании на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве // Пермский аграрный вестник. – 2013. – №1. – С.9-14.
- Носов В.В. Значение калийных удобрений для сохранения экологического равновесия // Плодородие. – 2002. – № 2. – С. 28–30.
- Прокошев В.В., Дерюгин И.П. Калий и калийные удобрения. – М.: Ледум, 2000. – 185 с.
- Jakobsen S.T. Interaction between plant nutrients .3. Antagonism between potassium, magnesium and calcium // Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and plant Science. 1993. Т. 43. Вып. 1 С.1-5.
- Khan S.A., Mulvaney R.L. Ellsworth T.R. The potassium paradox: Implications for soil fertility, crop production and human health // Renewable Agriculture and Food Systems. 2014. 29(1). 3–27.

11. Никитина Л.В. Исследования калийного режима разных типов почв в длительных опытах Геосети // *Агрохимия*. – 2018. – № 1. С. 39–51.
12. *Агротехнические особенности выращивания картофеля* / Под ред. В.В. Ивенина. – С-Пб: Лань, 2015. – 336 с.
13. Власенко Н.Е. Удобрение картофеля. – М.: Агропромиздат, 1987. – 219 с.
14. Жученко А.А. Картофелеводство России. Актуальные проблемы науки и практики // Матер. междунар. конгресса «Картофель, Россия – 2007». – М.: Россельхозакадемия, 2007. – 360 с.
15. Симаков Е.А., Старовойтов В.И., Анисимов Б.В. и др. *Индустрия картофеля (справочник)* – М.: ВНИИКХ, 2013. – 272 с.
16. Чумак В.А. Влияние известкования и удобрений на качество картофеля в условиях Сибири // *Достижения науки и техники АПК*. – 2007. – № 2. – С. 42–43.
17. Матыченков И. В., Пахненко Е. П. Изменение содержания подвижных фосфатов почвы при внесении активных форм кремния // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2016. – №3. – С. 37–45.

UDK 631.8:631.839

EFFECTIVENESS OF NATURAL SYNNYRITES AS POTASSIUM FERTILIZERS IN AGROCENOSIS WITH POTATOES

¹Akanova N.I., *Dr. Biol.*, ²Kamenev R.A., *Dr. Agr.*, ²Sidorov Ya.A.

¹All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D. N. Pryanishnikov,
31a Pryanishnikova Street, Moscow, 127550, Russia

²Don State Agrarian University, 346493, Rostov Region, Oktyabrsky District, Persianovsky Settlement,
Krivoshlykova Street, 24, Russia

The article discusses the results of agroecological assessment of the effectiveness of natural synnyrites used in increasing doses as potassium fertilizers in the technology of potato cultivation in agriculture of the Non-Chernozem zone. The positive effect of synnyrites on the formation of the potato tuber yield and their quality has been established. A significant increase in the yield of potatoes of 18-36% was obtained with the introduction of synnyrites at a dose of 90-120 kg K₂O/ha, respectively. The yield of the commercial fraction of potato tubers was 84-88% (68% under control). The use of synnyrites contributed to the improvement of the pH index, an increase in the content of mobile potassium in the soil in the layer of 0-20 cm.