

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА ПРИ ОРОШЕНИИ

*Н.И. Аканова¹, д.б.н., Л.Н. Холомьева², М.Н. Можаренко²,
Ш.Б. Байрамбеков⁴, д.с.-х.н., А.В. Гулин³, к.с.-х.н.*

¹ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, Москва, ул. Прянишникова, 31а, Россия

E-mail: N_Akanova@mail.ru

²АО «Апатит», Москва, Россия, E-mail: ldubrovskikh@phosagro.ru, E-mail: mozarenko@mail.ru

*³Всероссийский НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиал Прикаспийского аграрно-
го федерального научного центра РАН, Астрахань*

⁴Общество с ограниченной ответственностью «Виридис», Астрахань

E-mail: vviridis@mail.ru

Рассмотрена возможность использования побочного продукта химической промышленности – фосфогипса (ФГ) в качестве мелиоранта и комплексного фосфорсодержащего минерального удобрения. Урожай корнеплодов моркови при внесении возрастающих доз ФГ повышался с 29,1 до 33,8 т/га, что больше контрольного варианта на 21,8-41,4%. Лучшие результаты получены при внесении максимальной дозы ФГ – 4,5 т/га. Экологическая оценка эффективности ФГ не выявила загрязнения почв и растений моркови тяжелыми металлами. Значительных изменений в агрохимических свойствах почвы не установлено.

Ключевые слова: фосфогипс, морковь, урожай корнеплодов, плодородие почвы, фосфор.

Для цитирования: Аканова Н.И., Холомьева Л.Н., Можаренко М.Н., Байрамбеков Ш.Б., Гулин А.В. Агроэкологическая эффективность применения фосфогипса при орошении// Плодородие. – 2022. – №6. – С. 83-86. DOI: 10.25680/S19948603.2022.129.21.

Применение в земледелии кальцийсодержащих отходов и побочных продуктов производства минеральных удобрений – основное решение проблемы агроэкономически выгодного, рационального, экологически безопасного и безотходного использования природного сырья. В Российской Федерации скопилось в отвалах значительная масса фосфогипса (ФГ), и с каждым годом она пополняется более чем на 10 млн т.

Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о том, что включение фосфогипса в систему питания агроценозов – это высокоэффективный агротехнический прием химической мелиорации [1]. Используемые технологические схемы внесения фосфогипса рекомендованы в основном для солонцовых почв, что способствует их рассолонцеванию, расщелачиванию, существенному улучшению физико-механических и агрохимических свойств почв, в том числе повышению содержания подвижного фосфора [2, 3].

Однако, в исследованиях последних лет установлено, что применение нейтрализованного фосфогипса эффективно и на слабокислых низкоплодородных почвах [4, 5]. При внесении 1 т/га ФГ помимо кальция, кремния, большого ряда микроэлементов (>1,5%) в почву поступает 200-220 кг S и 15-45 кг P₂O₅. При этом установлено его заметное влияние на трансформацию органического вещества и благоприятное развитие фаунистического сообщества. При использовании ФГ улучшается водно-воздушный режим, увеличивается содержание кислорода, значительно уменьшается плотность почвы, растет количество доступных питательных веществ [6]. Наблюдается повышение аэрации, порозности, инфильтрации почв. Следует особо отметить, что возрастает масса кремнийсодержащих веществ, обладающих высокой потенциальной способностью коагулировать с минеральными и органическими соединениями почвы,

улучшается количественный и качественный состав гумуса [7].

Применение ФГ способствует усилению поглощательной способности почвы, улучшению её пористости, снижению степени супердисперсности тонкой фракции почвы. ФГ приводит к увеличению влагоемкости почвы, снижению кислотности нижележащих слоев почвы, что улучшает условия произрастания растений [8].

К недостаткам ФГ относят наличие в его составе тяжелых металлов и радионуклидов. Результаты большого числа исследований свидетельствуют, что при внесении ФГ в дозах 3-50 т/га содержание в почве тяжелых металлов не превышает ПДК [9].

Апатитовое сырье, из которого получают ФГ, с Хибинского, Ковдорского и Кингисеппского месторождений считается самым радиоактивно безопасным – 50-120 Бк/кг по ¹³⁷Cs. При этом лимит радиоактивности для ФГ, принятый в мире по образцу США, составляет 370 Бк/кг [10].

Из вышеизложенного следует, что научно обоснованное применение ФГ актуально для разработки ресурсосберегающих технологий, способствующих повышению плодородия почв, урожайности сельскохозяйственных культур, улучшению качества растениеводческой продукции и стабилизации экологической безопасности окружающей среды.

Цель исследований – разработать приемы наиболее эффективного и рационального использования ФГ Балаковского филиала АО «Апатит» в полевых условиях Астраханской области на слабозасоленных почвах при формировании продуктивности моркови.

Методика. Полевой опыт заложен в 2021 г. в Астраханской области Камызякского района, на опытном поле Всероссийского НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиал Прикаспийского аграрного фе-

дерального научного центра РАН (ВНИИОБ – филиал ФГБНУ «ПАНЦ РАН»).

В качестве объекта исследований использовали морковь F₁ Ред Кор. Гибрид ранний, период от всходов до созревания 75-80 дней.

Почва опытного участка аллювиально-луговая среднесуглинистая слабозасоленная; засоление сульфатно-хлоридного типа. До внесения ФГ реакция среды в пахотном слое почвы близка к нейтральной - pH 7,5-7,7, содержание гумуса 1,19-2,55 %, хорошо обеспечена калием (116-295 мг/кг), низко обеспечена фосфором (37-50 мг/кг). Содержание щелочногидролизующего азота 35-77 мг/кг. Почва опытного участка имеет небольшую плотность сложения в слое 0,0-0,2 м – в среднем 1,24 т/м³, плотность твердой фазы – 2,71 т/м³, Пористость пахотного слоя удовлетворительная – 53,7%. Содержание в почве подвижных форм (мг/кг): Zn 0,30-0,41, Cu 0,14 – 0,18, Pb 1,0-1,9, Cd <0,05 – 0,9, Ni <2,5 – 3,2, фторид иона 0,56 – 1,11.

Температурные условия вегетационного периода 2021 г. были благоприятны для роста и развития растений. Температура воздуха в 1-й декаде апреля на 2,4°C превышала среднесуточные значения (+8,8°C), во 2-й декаде она составляла 17,5°C, в 3-й декаде среднесуточный показатель был превышен на 4,4°C. Сумма осадков за апрель составляла 12,9 мм. Ветреная и сухая теплая погода установилась в мае, с повышением температуры до 28°C. За месяц выпало 9,6 мм осадков. Июнь и июль отличались жаркой сухой погодой, среднемесячная температура составляла 28,3°C. За месяц выпало 29,6 и 2,2 мм осадков соответственно. Среднесуточная температура воздуха в 1-й декаде августа составляла 30,3°C. Осадков за этот месяц не было. За период проведения наблюдений с апреля по сентябрь выпало 79,7 мм осадков.

Схема проведения опыта:

1. Контроль.
2. N₉₀P₁₂₀K₆₀* – фон.
3. Фон + 1,5 т/га ФГ**.
4. Фон + 3,0 т/га ФГ**.
5. Фон + 4,5 т/га ФГ**.

*Внесение минеральных удобрений под предпосевную обработку, до посева культуры.

**Внесение ФГ и минеральных удобрений под предпосевную обработку, до посева культуры.

Площадь опытной делянки 100 м², учетной делянки – 50 м², опыт заложен в 4-кратной повторности. Поливная норма посевов моркови – 50 м³/га, оросительная норма – 2240 м³/га, двукратная ручная прополка в рядках.

В почвенных пробах с глубины 0-20, 20-40 см определяли: pH_{вод.} (ГОСТ 26483-85); содержание азота, обменного калия и подвижного фосфора (по Кирсанову) (ГОСТ Р 54650-2011); кальция (ГОСТ 26428-85); магния (ГОСТ 26428-85); гидролитическую кислотность (ГОСТ 26212-91); емкость катионного обмена (ГОСТ 17.4.4.01-84); подвижную форму: цинка (ГОСТ Р 50686-94); меди (ГОСТ Р 50686-94); свинца (ПНД Ф 16.1:2.2:2.3.63-09); никеля (ПНД Ф 16.1:2.2:2.3.63-09); фторид-ион (ФР.1.31.2017.27474); физико-механические свойства почвы (по Качинскому).

В корнеплодах определяли содержание: сухого вещества (ГОСТ 31640-2012); массовую долю общего сахара (ГОСТ 8756.13-87); витамина С (ГОСТ 24556-

89); нитратного азота (МУ 5048-89); каротина (ГОСТ ISO 6568-2-19).

Результаты и их обсуждение. Формирование корнеплода у растений моркови начинается рано, но сначала он медленно растет в длину, а затем утолщается. Биометрические измерения, свидетельствуют, что внесение ФГ не оказывало отрицательного влияния на рост и развитие корнеплодов моркови. Отмечена положительная динамика по длине и диаметру корнеплода (табл. 1, 2).

1. Динамика формирования длины корнеплода моркови, см (2021 г.)

Вариант	Дата проведения наблюдений				
	22.06	7.07	22.07	9.08	24.08
1. Контроль (б/у)	7,9	12,0	7,9	8,1	9,0
2. N ₉₀ P ₁₂₀ K ₆₀ – фон	7,3	12,8	9,6	8,0	9,4
3. Фон + 1,5 т/га ФГ	9,8	13,6	10,1	11,8	9,3
4. Фон + 3,0 т/га ФГ	9,6	13,4	10,4	10,5	10,4
5. Фон + 4,5 т/га ФГ	10,0	31,8	11,1	11,1	11,5
HCP ₀₅	1,1	0,7	1,2	2,4	0,9

Развитие стержневого корня моркови опережает развитие листового аппарата. Через 2 мес после всходов его толщина у корневой шейки моркови возрастала. К концу вегетации диаметр корнеплодов в вариантах с внесением ФГ составлял до 4,85 см, для сравнения на контроле – 3,62 см (табл. 2).

2. Средний диаметр корнеплода моркови во время вегетации, см (2021 г.)

Вариант	Дата проведения наблюдений				
	22.06	7.07	22.07	9.08	24.08
1. Контроль (б/у)	0,06	0,04	2,32	3,14	3,62
2. N ₉₀ P ₁₂₀ K ₆₀ – фон	0,07	0,15	2,54	3,41	3,93
3. Фон + 1,5 т/га ФГ	0,07	0,16	2,83	3,75	4,06
4. Фон + 3,0 т/га ФГ	0,08	0,17	3,02	3,92	4,47
5. Фон + 4,5 т/га ФГ	0,08	0,18	3,21	4,03	4,85
HCP ₀₅			0,12	0,26	0,22

В 2022 г. максимальный прирост толщины корнеплодов моркови к концу вегетации отмечен в варианте с внесением ФГ в дозе 6,0 т/га, минимальный – в варианте с ФГ в дозе 2,0 т/га по сравнению с контрольным значением (табл. 3).

3. Динамика формирования диаметра корнеплодов моркови в опыте 2022 г., см

Вариант	Дата проведения наблюдений					
	04.07	19.07	03.08	18.08	02.09	17.09
1. Контроль (б/у) - фон	0,06	0,12	2,34	3,16	3,45	3,80
2. Фон + 2,0 т/га ФГ	0,07	0,15	2,81	3,69	3,81	4,20
3. Фон + 4,0 т/га ФГ	0,08	0,17	3,06	3,93	4,17	4,41
4. Фон + 6,0 т/га ФГ	0,08	0,19	3,18	4,04	4,49	4,70
HCP ₀₅	F _{ф.} < F _{м.}	F _{ф.} < F _{м.}	0,07	0,09	0,06	0,13

Морковь отличается невысокой требовательностью к элементам минерального питания. Темп выноса элементов питания, особенно фосфора и калия, усиливается лишь с образованием корнеплодов. Результаты исследований показали, что к 9.08.2021 г. средняя масса корнеплодов моркови в вариантах с внесением ФГ выросла по сравнению с контролем (табл. 4).

К уборке урожая максимальная масса корнеплода моркови в варианте с внесением 4,5 т/га ФГ составляла 172% к контролю.

4. Динамика формирования массы корнеплода моркови, г (2021 г.)

Вариант	Дата проведения наблюдений				
	22.06	7.07	22.07	9.08	24.08
1. Контроль (б/у)	2,4	16,0	42,2	51,6	90,1
2. N ₉₀ P ₁₂₀ K ₆₀ – фон	3,0	17,2	53,8	83,6	100,5
3. Фон + 1,5 т/га ФГ	3,2	18,2	62,0	85,8	131,2
4. Фон + 3,0 т/га ФГ	2,8	19,2	64,8	84,0	149,6
5. Фон + 4,5 т/га ФГ	2,8	20,5	63,2	89,6	155,1
HCP ₀₅	F _{ф.} < F _{т.}	0,8	8,7	21,4	8,8

В период уборки и учета урожая в 2022 г. максимальная масса корнеплода отмечена в варианте с внесением ФГ в дозе 6,0 т/га, которая в 1,5 раза превышала значения контрольного варианта. Варианты с внесением ФГ в дозе 2,0 и 4,0 т/га превысили по этому показателю значения контроля в среднем в 1,2 и 1,3 раза соответственно (табл. 5).

5. Динамика формирования массы корнеплодов моркови (2022 г.), г/растение

Вариант	Дата проведения наблюдений					
	04.07	19.07	03.08	18.08	02.09	17.09
1. Контроль (б/у) - фон	2,6	16,4	52,2	71,4	85,6	111,2
2. Фон + 2,0 т/га ФГ	2,9	18,7	67,9	90,2	112,4	136,7
3. Фон + 4,0 т/га ФГ	3,0	19,5	69,8	87,1	114,1	143,9
4. Фон + 6,0 т/га ФГ	3,1	21,5	72,6	100,6	137,2	166,1
HCP ₀₅	F _{ф.} < F _{т.}	0,6	0,5	0,83	3,56	15,5

Урожайность служит главным показателем эффективности агротехнических приемов. Полученные данные показали, что урожайность корнеплодов моркови при внесении ФГ колебалась и превышала показатели контрольного варианта на 21,8-41,4%. Лучшие результаты получены в варианте с использованием 4,5 т/га ФГ (табл. 6). Внесение фосфогипса и в 2022 г. обеспечивает получение достоверной прибавки урожая (табл. 7).

6. Влияние фосфогипса на урожайность моркови (2021 г.)

Вариант	Средняя масса корнеплода, г	% к контролю	Диаметр корнеплода, см	% к контролю	Урожайность	
					т/га	% к контролю
1. Контроль (б/у)	90,1	100,0	3,8	100,0	23,9	100,0
2. N ₉₀ P ₁₂₀ K ₆₀ – фон	100,5	111,5	4,0	92,5	27,2	113,8
3. Фон – 1,5 т/га ФГ	131,2	145,6	4,2	105,0	29,1	121,8
4. Фон – 3,0 т/га ФГ	149,6	166,0	4,9	117,5	31,4	131,4
5. Фон – 4,5 т/га ФГ	155,1	172,1	5,0	120,0	33,8	141,4
HCP ₀₅	8,8	-	0,2	-	2,1	-

7. Урожай корнеплодов моркови (2022 г.)

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю	
		т/га	%
1. Контроль (б/у)-фон	26,0	-	-
2. Фон + 2,0 т/га ФГ	29,3	3,3	12,7
3. Фон + 4,0 т/га ФГ	31,4	5,4	20,8
4. Фон + 6,0 т/га ФГ	34,6	8,6	33,1
HCP ₀₅	1,8	-	-

Максимальный урожай корнеплодов моркови отмечен в варианте с внесением ФГ в дозе 6,0 т/га, который на 8,6 т/га, или на 33,1% выше значений контрольного варианта. Урожайность моркови в вариантах с внесением

ФГ в дозах 2,0 и 4,0 т/га превышала значения контрольного варианта.

Анализ качества корнеплодов показал, что по всем определяемым показателям максимальное их содержание отмечено в контрольном варианте (табл. 8). Содержание сухого вещества колебалось. Максимальное содержание общего сахара было в контрольном варианте, в вариантах с внесением фосфогипса содержание общего сахара колебалось до 7,6 %.

8. Качество корнеплодов моркови (2021 г.)

Вариант	Содержание сухого вещества	Массовая доля			
		общего сахара	каротина	нитратного азота, мг/кг	витамина С, мг%
		%			
1. Контроль (б/у)	16,66	8,1	0,76·10 ³	<7	7,379
2. N ₉₀ P ₁₂₀ K ₆₀ – фон	14,91	7,7	0,58·10 ³	<7	7,357
3. Фон + 1,5 т/га ФГ	14,02	6,9	0,39·10 ³	<7	5,722
4. Фон + 3,0 т/га ФГ	15,89	7,5	0,60·10 ³	<7	5,144
5. Фон + 4,5 т/га ФГ	14,46	7,6	0,52·10 ³	<7	4,475

Результатами исследований 2022 г. установлено, что по определяемым в опыте показателям качества продукции максимальное их содержание отмечено в варианте с внесением ФГ в дозе 6,0 т/га. Корнеплоды моркови в этом варианте содержали больше сухого вещества в 1,06 раза, общего сахара – в 1,44 и витамина С – в 1,54 раза, по сравнению с контролем (табл. 9).

9. Показатели качества корнеплодов моркови по вариантам опыта (2022 г.)

Вариант	Содержание сухого вещества, %	Массовая доля общего сахара, %	Массовая доля витамина С, мг %
1.Контроль (б/у) - фон	12,14	5,6	3,33
2.Фон + 2,0 т/га ФГ	12,61	7,6	2,65
3.Фон + 4,0 т/га ФГ	12,68	7,2	3,07
4.Фон + 6,0 т/га ФГ	12,94	8,1	5,13
HCP ₀₅	0,06	0,3	0,34

В 2022 г. в варианте с внесением ФГ в дозе 6,0 т/га наблюдали самое высокое накопление в почве основных элементов питания растений, превышающее контроль по азоту в 1,5 раза, по фосфору – в 1,5, по калию – в 1,3 раза. Отмечено повышение содержания в почве органического вещества в 1,2 раза.

Агрохимический анализ почвенных образцов, отобранных перед уборкой урожая, показал, что содержание щелочно-гидролизующего азота составляло 49-77 мг/кг; подвижных форм фосфора 29-55 мг/кг, подвижного калия 171-248 мг/кг (табл. 10).

Содержание подвижных форм тяжелых металлов (мг/кг) составляло: по цинку 0,36-0,65, меди 0,18-0,29, свинцу 1,1-1,7, кадмию < 0,05, никелю 2,4-2,8, фторид иону 4,33-6,41 (табл. 11).

Закключение. Полученные результаты показывают, что при возделывании моркови в условиях капельного полива урожайность с использованием фосфогипса колебалась в 2021 г. от 29,1 до 33,8 т/га, прибавка составила 21,8-41,4%, в 2022 г. от 29,3 до 34,6 т/га, прибавка – 3,3, 5,4, 8,6 т/га, или 12,7, 20,8 и 33,1% в соответствии с вносимыми дозами. Максимальная урожайность 34,6 т/га получена при внесении ФГ в дозе 4,5 т/га. Максимальная урожайность моркови за два года при внесении 6 т/га составила 34,2 т/га.

10. Влияние ФГ на изменение агрохимических свойств почвы

Вариант	Слой, см	Перед внесением фосфогипса						В конце вегетации моркови					
		pH _{вод.} ед.	азот щелочно-гидролизуемый, мг/кг	фосфор подвижный, мг/кг	калий обменный, мг/кг	гумус, %	емкость катионного обмена, мг/кг	pH водный, ед.	азот щелочно-гидролизуемый, мг/кг	фосфор подвижный, мг/кг	калий обменный, мг/кг	гумус, %	емкость катионного обмена, мг/кг
1. Контроль (б/у)	0-20	7,3	70	37	240	2,33	33,18	7,1	63	33	128	2,24	29,10
	20-40	7,5	56	51	325	1,88	20,68	7,2	49	45	288	1,73	27,16
2. N ₉₀ P ₁₂₀ K ₆₀ – фон	0-20	7,4	84	38	232	2,40	26,37	7,3	63	41	116	2,27	21,34
	20-40	7,6	63	51	292	1,97	20,42	7,5	56	44	275	1,84	23,28
3. Фон+ 1,5 т/га ФГ	0-20	7,5	77	41	228	2,45	18,39	7,4	70	37	168	2,28	21,34
	20-40	7,6	56	56	295	2,07	19,71	7,5	53	29	204	1,98	25,22
4. Фон+ 3,0 т/га ФГ	0-20	7,8	77	47	271	2,40	27,14	7,6	63	46	164	2,34	23,28
	20-40	7,6	35	60	292	1,36	28,33	7,4	50	36	279	1,22	25,22
5. Фон+ 4,5 т/га ФГ	0-20	7,5	77	51	248	2,52	30,25	7,4	77	48	168	2,37	27,16
	20-40	7,7	42	55	274	1,46	22,96	7,6	49	47	271	1,25	27,16

11. Влияние ФГ на содержание тяжелых металлов в почве, мг/кг

Вариант	Слой, см	Перед внесением фосфогипса						В конце вегетации моркови					
		Содержание подвижных форм											
		Zn	Cu	Pb	Cd	Ni	F	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni	F
1. Контроль (б/у)	0-20	0,30	0,14	1,1	<0,05	<2,5	0,63	0,35	0,26	1,6	<0,05	2,2	4,74
	20-40	0,33	0,12	1,2	<0,05	<2,5	0,84	0,33	0,24	1,3	<0,05	2,6	5,07
2. N ₉₀ P ₁₂₀ K ₆₀ – фон	0-20	0,39	0,17	1,2	<0,05	2,4	0,63	0,43	0,23	1,3	<0,05	2,4	4,45
	20-40	0,40	0,15	1,7	<0,05	<2,5	0,92	0,38	0,21	1,2	<0,05	2,5	5,21
3. Фон + 1,5 т/га ФГ	0-20	0,32	0,16	1,8	<0,05	3,0	0,78	0,41	0,26	1,6	<0,05	2,6	4,63
	20-40	0,34	0,13	1,6	0,08	<2,5	0,78	0,39	0,25	1,7	<0,05	2,5	5,32
4. Фон + 3,0 т/га ФГ	0-20	0,33	0,17	1,5	0,07	<2,5	0,72	0,46	0,25	1,6	<0,05	2,4	5,72
	20-40	0,35	0,14	1,2	0,09	<2,5	0,94	0,42	0,22	1,2	<0,05	2,5	6,73
5. Фон + 4,5 т/га ФГ	0-20	0,34	0,17	1,4	0,08	2,8	0,73	0,50	0,20	1,6	<0,05	2,6	4,95
	20-40	0,36	0,15	1,3	0,07	2,7	0,85	0,58	0,19	1,5	<0,05	2,7	5,46

Литература

1. Некрасов, Р. В. Агроэкономические и экологические аспекты химической мелиорации засоленных почв/ Р.В. Некрасов, А.Х. Шеуджен, Р.Ф. Байбеков, Н.И. Аканова, С.И. Шкуркин //Земледелие. – 2021. – №8. – С. 3-7.
2. Калинин, В.П. Эффективное использование фосфогипса в земледелии / В.П. Калинин // Питание растений. – №1. – С. 2-33.
3. Аканова, Н.И. Научное обоснование использования отходов промышленности в качестве вторичных ресурсов в сельскохозяйственном производстве/ Н.И. Аканова, А.Х. Шеуджен, А.А. Андреев, М.М. Визирская, А.Н. Лиманский //Международный сельскохозяйственный журнал. – 2017. – №6. – С. 48-53.
4. Окорков, В.В. Перспективы и пути использования фосфогипса для повышения плодородия кислых почв/ Окорков В.В. – Владимир, 2007. – 76 с.
5. Федотова, Л.С. Агроэкологическая оценка применения фосфогипса в специализированном севообороте с картофелем на дерново-подзолистой почве/ Л.С. Федотова, Е.В. Князева, Н.А. Тимошина // Питание растений. – 2017. – №4. – С. 2-8.

6. Белюченко, И.С. Влияние отходов промышленного и сельскохозяйственного производства на физико-химические свойства почв / И.С. Белюченко, Е.И. Муравьев // Экол. Вестник Сев. Кавказа – 2009. – Т. 5. – №1. – С. 84-86.
7. Добрыднев, Е.П. Основные результаты исследования агроэкологической эффективности фосфогипса в земледелии Краснодарского края / Е.П. Добрыднев, М.Ю. Локтионов // Плодородие. – 2013. – №1. – С. 7-9.
8. Яковлева А.С. Экологическая оценка почвогрунтов, подверженных воздействию фосфогипса / А.С. Яковлева, М.А. Канискин, В.А. Терехова // Почвоведение – 2013. – №6. – С. 737-743.
9. Kolesnikov, S.I. Technology of evaluation methods of soil remediation effectiveness according to biological indicators / S.I. Kolesnikov, E.N. Rotina, K.S. Kazeev // Middle East Journal of Scientific Research – 2013. – Т. 17. – №7. – P. 914-918.
10. Hilton, J. Phosphogypsum (PG): Uses and Current Handling Practices Worldwide. / Julian Hilton /. 2010. In: Proc. 25th Annual Lakeland Regional Phosphate Conference. Lakeland, USA.

UDK 631:631.9:631.95

AGROECOLOGICAL EFFICIENCY OF PHOSPHOGYPSUM USE IN VEGETABLE AGROCENOSSES

Akanova N.I.¹, Kholomyeva L.N.², Mozharensko M.N.², Bayrambekov Sh.B.⁴, Gulín A.V.³,
¹All-Russian research institute of agrochemistry name D.N. Pryanishnikova, Moscow, Russia
²Apatit JSC, Moscow, Russia

³All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable Growing and Melon Growing –
Branch of the Caspian Agrarian Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Astrakhan, Russia
⁴Limited Liability Company "Viridis", Astrakhan, Russia

The article considers the possibility of using a by-product of the chemical industry – phosphogypsum (FG) as a reclamation agent and a complex phosphorus-containing mineral fertilizer. The yield of carrot root crops with the introduction of increasing doses of FG increased from 29.1 to 33.8 t / ha, which is more than the indicator of the control variant by 21.8-41.4%. The best results were obtained with the introduction of the maximum dose of FG – 4.5 t / ha. Environmental assessment of the effectiveness of FG did not reveal contamination of soils and plants of carrots with heavy metals. Significant changes in the agrochemical properties of the soil were not revealed.

Keywords: phosphogypsum, carrots, root crop yield, soil fertility, phosphorus.