

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОСФОГИПСА В ЗЕМЛЕДЕЛИИ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Е.П. Добрыднев, М.Ю. Локтионов, ОАО «ЕвроХим – БМУ»

Обсуждены результаты исследования эффективности применения в сельскохозяйственном производстве фосфогипса для улучшения физико-химических свойств почв, повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур. Обобщены данные многолетних опытов по оценке влияния фосфогипса на фитосанитарное состояние посевов и состав почвенной мезофауны.

Ключевые слова: отход производства, фосфогипс, кукуруза, озимая пшеница, сахарная свекла, почва, урожай, кальций, плодородие.

Использование фосфогипса – важная проблема не только Российской Федерации, но и практически всех стран мира, производящих минеральные удобрения. В России ежегодно образуется до 11 млн т фосфогипса, и масштабы накопления его в целом можно оценить примерно в 140 млн т. Природное сырье, из которого получают фосфогипс, содержит практически всю таблицу химических элементов Д.И. Менделеева. В настоящее время средний уровень полезного использования этого промышленного отхода составляет не более 2,0 %, хотя в прошлые годы он достигал примерно 2,5 млн т/год (свыше 10 % текущего выхода).

Несмотря на то, что большинство предприятий стремится к созданию мало- и безотходных технологий, на практике часто на 1 т полезной продукции приходится несколько тонн гипсо-содержащих отходов. Например, при образовании фосфорной кислоты на 1 т кислоты получают 4-5 т фосфогипса.

Фосфогипс – побочный продукт производства фосфорной кислоты, содержит 92% гипса. В качестве исходного сырья ОАО «ЕвроХим-Белореченские Минудобрения» использует апатит Ковдорского месторождения, который благодаря особенностям своего химического состава обеспечивает благоприятный состав фосфогипса. Фосфогипс является крупнотоннажным вторичным ресурсом, при полном соблюдении требований к объектам складирования он не опасен для окружающей среды. Фосфогипс, практически неиспользуемый продукт, содержит ряд ценных компонентов: обогащен оксидом кальция и редкоземельными элементами – кремнием, железом, титаном, магнием, алюминием и марганцем.

По многочисленным данным, фосфогипс имеет преимущества перед природным гипсом в некоторых сферах применения: мелиорация солонцовых почв, защита от радиации, рекультивация загрязненных нефтепродуктами почв [1,2]. При дозе внесения фосфогипса 5 т/га в почву может поступать 100-130 кг P_2O_5 в усвояемой форме, что в значительной степени возмещает затраты сельского хозяйства на его транспортировку и внесение. Ценнейшие макро- и микроэлементы в огромных количествах уходят в отвалы. Имеющиеся в мировой практике пути утилизации фосфогипса, например в сельском хозяйстве, не нашли широкого применения и использования по экономическим, технологическим и экологическим причинам. В итоге фосфогипс лежит на свалках, в то время как в нашей стране из почв ежегодно вымывается кальций, который необходимо пополнять путём известкования и гипсования. Однако фосфогипс для этих целей практически не используют.

В сельскохозяйственном производстве фосфогипс может быть использован в следующих целях: для мелиорации солонцов (рассоление почв), в смеси с известью для мелиорации кислых почв, в качестве удобрительных мелиорантов (в 1

т фосфогипса содержится 0,6-4,5% P_2O_5) [3], для компостирования с биопрепаратами и органическими удобрениями, для применения в качестве серного или кремнивого удобрения [4-6]. Установлено, что внесение фосфогипса в дозе 2-4 ц/га может удовлетворить потребности сельскохозяйственных растений в этом элементе [7]. Результаты опытов свидетельствуют о повышении эффективности известкования и гипсования при комбинированном внесении этих материалов, обеспечивающих слабокислую реакцию, повышенный уровень Са и улучшение обеспеченности растений серой [8]. На почвах, в которых содержание подвижного алюминия минимальное, но имеются токсичные количества Мп и Си, целесообразно применять фосфогипс для улучшения соотношений Са : Al, Са : Си и Са : Мп. В этом случае фосфогипс может оказаться более пригодным и для культур, нуждающихся в улучшении алюможелезосерного питания, но плохо реагирующих на смещение почвенной реакции в щелочную сторону, например для картофеля [9].

Отличительная особенность фосфогипса нейтрализованного – низкое содержание (0,46%) стабильного стронция. При таком содержании этого элемента, внесенного с фосфогипсом в почву даже в максимальных дозах мелиоранта (10-15 т/га), соотношение Са : Sr в почве существенно не меняется. Это является фактором экологической безопасности применения мелиоранта, а значит и гарантии отсутствия токсичности стронция [10].

В проведенных в 2007-2009 г. в хозяйстве ОАО «Заветы Ильича» Ленинградского района Краснодарского края по заказу ООО «ЕвроХим-БМУ» сотрудниками кафедры общей биологии и экологии КубГАУ полевых производственных исследованиях по влиянию фосфогипса на развитие и продуктивность озимой пшеницы, кукурузы и сахарной свеклы выявлено значительное положительное влияние мелиоранта на развитие растений, величину и качество урожая [11, 12]. Под посев кукурузы внесли 3 т/га фосфогипса, урожайность зерна в варианте с фосфогипсом составила 72,2 ц/га, а без фосфогипса – 66,1 ц/га. Урожайность корнеплодов сахарной свеклы в варианте с фосфогипсом (5 т/га) составила 444,3 ц/га, а без фосфогипса – 401,1 ц/га. Фосфогипс в посев озимой пшеницы внесли осенью и получили урожайность 62,8 ц/га, а без фосфогипса – 59,0 ц/га; в варианте с фосфогипсом значительно повысилось также качество зерна. При этом установлено его заметное влияние на физико-химические свойства почв, уровень pH верхнего слоя почвы и его химический состав, на трансформацию органического вещества и развитие фаунистического сообщества. С внесением мелиоранта, как в отдельности, так и в сочетании с органическими удобрениями, улучшается, прежде всего, водно-воздушный режим, уменьшается плотность почвы, увеличивается количество доступных питательных веществ. Отмечено, что повышаются аэрация, порозность, инфильтрация почв, возрастают доля кислотного рода и масса кремнийсодержащих веществ, обладающих мощной потенциальной способностью коагулировать с минеральными и органическими соединениями почвы. При внесении фосфогипса в почву усиливается её поглотительная способность, улучшается пористость [13].

За 3 года проведения опытов содержание органического вещества увеличилось на 0,11%. В условиях внесения фосфогипса увеличилась численность микроорганизмов, исполь-

зующих органические формы азота – на 9,7%, на 7,8% количество микроорганизмов, ассимилирующих минеральный азот, на 10,7 актиномицетов, на 16,3 целлюлозоразрушающих микроорганизмов (в основном за счет рода *Pseudomonas*), на 8,4% число колоний азотобактера. Отмечено также повышение ферментативной активности почвы, что благоприятно сказывается на интенсификации разложения свежего органического вещества. Этот процесс исследователи связывают с увеличением численности микроскопических грибов, чему способствовало повышение концентрации P_2O_5 в верхнем слое почвы [13-15]. На протяжении всего периода исследований выявлено существенное положительное влияние фосфогипса на формирование не только продуктивности, но и качества зерна озимой пшеницы: увеличилось содержание белков, углеводов, провитамина А, витаминов группы В, аминокислот, растворимых полисахаридов, а также ряда микроэлементов.

При разработке приемов сохранения и повышения плодородия почв важно сберечь биологическое разнообразие почвы. Установлено, что при внесении фосфогипса в почву повышается ее биологическая активность, интенсивнее идет разложение свежего органического вещества, улучшаются агрономические свойства, структура, питательный режим [16]. Увеличение биологической активности почвы в условиях применения фосфогипса благоприятствует развитию популяций энхитреид, являющихся незаменимыми переработчиками органического вещества. Свойство фосфогипса задерживать развитие проростков озимой пшеницы на стадии всходов позволяет сократить численность личинок жулици первой и второй стадий развития, представляющих наибольшую опасность для посевов [15].

Применение фосфогипса значительно воздействует на фитосанитарное состояние посевов. Снижение засоренности посевов в опыте связывают с более высокой степенью кущения пшеницы, которая в среднем была на $21 \pm 1,02\%$ выше, чем на контроле. Отмечено, что фосфогипс оказал заметное влияние на снижение мышевидных грызунов в посевах пшеницы [17].

Разработана и предложена технология получения органоминерального удобрения на основе бесподстилочного навоза КРС, почвы, внутрифермских отходов, соломы и фосфогипса. Данный способ позволяет снизить потери азота и органического вещества до 40 %. При чередовании слоев навоза КРС и других сельскохозяйственных отходов с фосфогипсом происходит поглощение аммиака в связи с обменом катионов фосфогипса на ионы аммония, усиливается активность микрофлоры и снижается численность гельминтов. Данный способ прост, энергоэкономичен, позволяет за короткий срок получить высокоэффективное удобрение, улучшающее физико-химические и биологические свойства почвы, что способствует повышению урожая сельскохозяйственных культур. Установлено, что аммиачный азот в навозе находится в форме гидрокарбоната аммония, вместе с сульфатом аммония образуется не карбонат, а гидрокарбонат кальция. В отличие от карбоната кальция, он растворяется в воде и как соль слабой кислоты (угольной) и сильного основания (гидроксида кальция) испытывает гидролиз. Вследствие этого образуется гидроксид кальция; в навозе создается щелочная среда. Кроме того, навоз в буртах разогревается до 50-60 °С.

Благодаря сохраненному азоту, а также фосфору, сере и кальцию, внесенным с фосфогипсом, в навозе увеличивается содержание питательных элементов, что значительно повышает его эффективность как удобрения.

Совместное использование фосфогипса, включающего значительное количество минеральных коллоидов, с органическими отходами приводит к интенсивному агрегированию и созданию благоприятной для сельскохозяйственных культур структуры почвы. Слабая растворимость фосфогипса предотвращает необходимость его ежегодного внесения и положительно влияет на физические свойства почвы.

Важно отметить природоохранную роль фосфогипса, при внесении которого образуются малорастворимые соединения

с тяжелыми элементами [18]. Фосфогипс может успешно применяться при рекультивации почвы, загрязненной нефтепродуктами, что также подтверждено опытами КубГАУ. На третий год на сильно загрязненном нефтепродуктами участке всхожесть семян озимой пшеницы практически не изменялась по сравнению с незагрязненной почвой. Проростки в варианте при совместном использовании перегноя и фосфогипса имели лучшую жизнеспособность [19].

Проведенные опыты по использованию фосфогипса в сельском хозяйстве показали перспективность его для широкого применения в условиях Кубани: в качестве серокальциевого и микроэлементного удобрения, а также мелиоранта и в целях ускорения переработки отходов животноводства (крупного рогатого скота, свиней и птицы) для получения органоминерального удобрения и его обогащения микроэлементами, кальцием и серой. Экономическая целесообразность его применения подтверждается наличием в г. Белореченске Краснодарского края большого количества фосфогипса.

Широкомасштабные исследования по агроэкологической эффективности фосфогипса проведены по многим регионам нашей страны, в том числе в Ростовской области, Ставропольском крае. Администрация Ростовской области обратила внимание на внедрение этого эффективного агроприема в сельскохозяйственное производство. 20.01.2012 г. было принято Постановление Правительства Ростовской области № 33 «О порядке предоставления субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение части затрат на приобретение и доставку фосфогипса для проведения химической мелиорации солонцовых земель и мелиоративную вспашку солонцов». В нем утверждено Положение о порядке предоставления субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям на возмещение 70% затрат на приобретение и доставку фосфогипса для проведения химической мелиорации. Постановление вступило в силу 1 января 2012 г.

Литература

1. Верещагин А.Н. Химическая мелиорация солонцов степной зоны Северного Казахстана// Автореф. канд. дисс.– Новосибирск, 1987.- 19 с.
2. Временные методические указания по проведению почвенно-мелиоративных изысканий, составлению проектно-сметной документации и мелиорации солонцеватых содово-засоленных орошаемых почв Казахской ССР. – Алма-Ата, 1985.- 84 с.
3. Зинковская Т.С. Влияние совместного применения фосфоритной муки и фосфогипса на кислых почвах// В кн. Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. – Краснодар, 2010.- С. 161-163.
4. Муравьев Е.И., Добрыднов Е.П., Белюченко И.С. Перспективы использования фосфогипса в сельском хозяйстве // Экологический вестник Северного Кавказа, 2008. Т. 4. № 1.- С. 31-39.
5. Муравьев Е.И. Влияние отходов производства фосфорных удобрений на окружающие ландшафты. - Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2008.- 358 с.
6. Муравьев Е.И., Добрыднов Е.П., Белюченко И.С. Перспективы использования фосфогипса в сельском хозяйстве // Экол. Вестник Сев. Кавказа, 2007. Т.4. № 1. С. 107-115.
7. Аристархов А.Н. Агрохимия серы. – М.: ВНИИА, 2007.- 272 с.
8. Окорков В.В. Перспективы и пути использования фосфогипса на кислых почвах// В кн. Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства.–Краснодар, 2010.- С. 156-161.
9. Кремзин Н.М. Удобрение и химическая мелиорация солонцовых почв Кубани, используемых под рис// Автореф. канд. дисс.– М., 1990.- 23 с.
10. Байбеков Р.Ф., Шильников И.А., Аканова Н.И. и др. Научно-практические рекомендации по применению фосфогипса нейтрализованного в качестве химического мелиоранта и серного удобрения.- М:ВНИИА, 2012.- 42 с.
11. Гукалов В.В. Влияние фосфогипса на развитие и продуктивность озимой пшеницы // I Всерос. научная конференция Проблемы рекультивации отходов быта, промышленности и сельскохозяйственного производства.- Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2009.- С. 32-34.
12. Белюченко И.С., Гукалов В.В., Мельник О.А. и др. Влияние фосфогипса на развитие и урожайность посевов озимой пшеницы// Экологический вестник Северного Кавказа.- 2009. Т. 5. №1.- С. 84-86.
13. Белюченко И.С., Муравьев Е.И. Влияние отходов промышленного и сельскохозяйственного производства на физико-химические свойства почв // Экол. Вестник Сев. Кавказа, 2009.- Т.5.- № 1.- С. 84-86.

14. Пономарева Ю.В., Белюченко И.С. Влияние фосфогипса на свойства почвы и прорастание семян озимой пшеницы // Экол. пробл. Кубани, - 2005.- № 27.- С. 184-192.
 15. Петух Ю.Ю., Гукалов В.В. Влияние фосфогипса на состав почвенной мезофауны в посевах озимой пшеницы// Экологический вестник Северного Кавказа, - 2009.- Т.5.- №2.- С. 66-69.
 16. Муравьев Е.И., Белюченко И.С. Свойства фосфогипса и возможность его использования в сельском хозяйстве// Экологический вестник Северного Кавказа, - 2008.- Т.4.- № 2.- С. 5 – 18.

17. Белюченко И. С., Добрыдnev Е. П., Гукалов В. В. и др. Способ борьбы с мышевидными грызунами. Патент № 2421990.
 18. Белюченко И.С., Добрыдnev Е.П., Муравьев Е.И.и др. Использование фосфогипса для рекультивации загрязненных нефтью почв // Тр. КубГАУ, 2008. № 3(12).- С. 72–77.
 19. Калинина О.В. Мельник О.А. Возможность рекультивации почв, загрязненных мазутом // I Всеросс. науч. конф. Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства.- Краснодар, 2009.- С. 216-219.

Main results of studying the agroecological efficiency of phosphogypsum in the agriculture of Krasnodar krai

E.P. Dobrydnev, M.Yu. Loktionov, N.M. Shumkova

ООО EuroChem–Belorechenskie Minudobrenia, Belorechensk, Krasnodar krai, 352636 Russia

The results of a study on the effectiveness of phosphogypsum in agricultural production for improving the physicochemical properties of soils, increasing the productivity and quality of agricultural crops have been discussed. The results of long-term experiments for assessing the effect of phosphogypsum on the phytosanitary state of crops and the composition of soil mesofauna have been generalized.
Keywords: production waste, phosphogypsum, corn, winter wheat, sugar beet, yield, soil, fertility, calcium.