

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ КАЛЬЦИЙСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ РИСА

С.В. Кизинек, к.с.-х.н., РПЗ «Красноармейский», М.Ю. Локтионов, ОАО «ЕвроХим»

Представлены результаты агроэкологической эффективности различных форм кальцийсодержащих удобрений. Выявлено преимущество внесения фосфогипса на лугово-чернозёмных почвах в рисовых севооборотах.

Ключевые слова: рис, кальцийсодержащие удобрения, фосфогипс, севооборот.

Одна из главных опасностей для почвенного покрова – его деградация под влиянием деятельности человека. Анализируя качественные показатели земельных угодий, следует отметить, что с каждым годом площади с неблагоприятными свойствами почв увеличиваются. Переуплотнение почв происходит из-за повышенного гидроморфизма и быстрого обсыхания в жаркие периоды года. Застой влаги приводит к оглеению. Чередование фаз набухания и усадки вызывает сильную трещиноватость, что приводит к глубокому просыханию и выдавливанию нижележащих горизонтов почвы на поверхность. На таких почвах невозможно получить высокие урожаи любых зерновых культур, являющихся основным растительным ресурсом в Краснодарском крае. Поэтому разработка наиболее эффективных приемов земледелия, направленных на повышение урожайности и качества продукции растениеводства своевременна и актуальна.

Для увеличения урожайности используют, как правило, минеральные удобрения и в меньшей степени органические (из-за дефицита). При производстве минеральных удобрений в ОАО «ЕвроХим-Белореченские Минудобрения» образуется побочный продукт – фосфогипс, который размещается в шламонакопителях, занимающих обширные территории. На 1 т удобрений получают 4-5 т фосфогипса. В качестве исходного сырья используют апатит Ковдорского месторождения, который, благодаря особенностям своего химического состава, обеспечивает благоприятный состав фосфогипса с точки зрения экологической безопасности. Это выражается в низком содержании стабильного стронция (<0,46%) и незначительном – тяжелых металлов.

Фосфогипс имеет ряд технико-экономических преимуществ перед другими мелиорантами: может годами храниться в полевых условиях; благодаря тонкодисперсности, при внесении его в почву обеспечивается лучший контакт с ней; водные растворы фосфогипса имеют кислую реакцию (рН 3), что способствует снижению щелочности солонцов. Кроме того, фосфогипс обладает удобрительным эффектом, так как содержит около 1,5 % микроэлементов, при внесении 4-5 т/га запасы фосфора возрастают на 1,5-1,8 мг/10 г почвы, что соответствует внесению 500-600 кг/га суперфосфата. Внесение фосфогипса оказывает влияние на качественный состав гумуса: в пахотном слое черноземов увеличиваются доля гуминовых кислот, а также содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием; вызывает значительное улучшение физико-химических, агрофизических свойств почв и как следствие – повышение урожайности. Фосфогипс увеличивает скорость впитывания воды на 30-35% и улучшает водоснабжение растений.

Наиболее эффективно внесение фосфогипса по вспашке в осенне-зимний период, особенно в первый год его применения. Зимние осадки обеспечивают растворение мелиоранта и проникновение его растворов в глубинные горизонты, что ускоряет протекание обменных реакций и восстановление агрономической структуры почв, повышает активность кальция и способствует восстановлению продуктивности деградированных орошаемых земель. Весенняя влагозарядка способ-

ствует вымыванию продуктов обмена (натрий и магний) и улучшению физико-химических свойств почвы.

Однако фосфогипс имеет и ряд недостатков, одним из которых является наличие в его составе нежелательных примесей: фтора, стронция и некоторых других. Доказано, что фосфогипс экологически безопасен при внесении его в почву. Это обусловлено тем, что кальций, содержащийся в фосфогипсе и почвах, особенно высокогумусных, будет нивелировать его возможное негативное воздействие, а миграция в природные воды в таких количествах не приведет к значимому увеличению его концентрации. Соотношение кальция к стронцию в исследуемом фосфогипсе составляет более 100:1, что также свидетельствует о его экологической безопасности. При таком содержании этого элемента, внесенного в фосфогипсом в почву даже в максимальных дозах (10-15 т/га), соотношение Ca : Sr в почве существенно не изменится, что является фактором экологической безопасности применения мелиоранта. Содержание фтора в фосфогипсе также низкое (< 0,46% общего и 0,03-0,2% водорастворимого фтора) и не оказывает негативного воздействия на окружающую среду. Фтор мелиоранта может сразу же взаимодействовать с кальцием и осаждаться в виде флюорита, сорбироваться почвенной массой или присутствовать в почвенном растворе. Если содержание кальция в почве достаточно для связывания фтора, то около 95-98% водорастворимого фтора фосфогипса переходит в труднорастворимые, практически не доступные для растений соединения.

Использование фосфогипса позволит во многом устранить проблему дефицита серных удобрений. В земледелии Российской Федерации усиливается недостаток для растений серы в почве. Этот процесс связан, в первую очередь, с активным выносом серы из почвы с урожаями сельскохозяйственных культур (20-50 кг/га в год) и миграцией из корнеобитаемого слоя с инфильтрационными водами (20-40 кг/га). Обеспеченность почв серой в целом по стране значительно ниже в сравнении с другими макроэлементами, в частности, чем фосфором и калием. По содержанию подвижной серы в почвах страны из обследованных земель 54,7% имеют низкое содержание серы, 34,6% – среднее. Следовательно, 89,3% почв нуждаются в улучшении их состояния по содержанию этого важнейшего питательного элемента (Аристархов, 2007).

Целесообразность применения фосфогипса, содержащего серу, доказана большим рядом полевых опытов научно-исследовательских учреждений и агрохимической службы РФ. Положительный эффект его установлен на дерново-подзолистых, серых лесных почвах и черноземах (Шугля, 1969; Щкель, 1979; Трунова, 2003).

Выявлено также положительное влияние фосфогипса на азотный режим почвы и улучшение фитосанитарного состояния посевов.

Внесение фосфогипса нейтрализованного приводит к улучшению кремниевого питания растений и повышению их продуктивности. При этом установлено, что кремнекальциевые соединения, содержащиеся в фосфогипсе нейтрализованном, повышают содержание доступного фосфора растениям и их устойчивость к неблагоприятным условиям. Наиболее эффективен фосфогипс нейтрализованный на почвах с избыточной кислотностью, которые в наибольшей степени обеднены подвижной кремниевой кислотой. Несмотря на слабую растворимость, силикат кальция постепенно переходит в со-

стояние, обеспечивающее участие в обменных реакциях содержащегося в нем кальция, вследствие чего образуется свободная кремниевая кислота, благоприятно влияющая на питание растений (Шкель, 1979).

Установлено, что совместное применение азотных и кремнийсодержащих удобрений благоприятно влияет на развитие растений, способствует повышению продуктивности ячменя в 1,5-1,7 раза, риса в 1,5-2,0 раза, кукурузы, свеклы и других культур на 30-50% (Бахнов, 1979; Шугля, 1969).

Накопленный в настоящее время экспериментальный материал доказывает потенциально высокую агрономическую эффективность и экологическую безопасность фосфогипса в широкой зоне возможного его применения, в том числе в условиях орошения в рисовых севооборотах.

Цель работы – определить влияние различных форм кальцийсодержащих удобрений на продуктивность риса. В задачи исследований входили: установление изменений показателей плодородия почв при внесении удобрений под рис; изучение влияния удобрений на продуктивность риса; выявление оптимальных доз удобрений, обеспечивающих высокий урожай риса.

Почвы рисовых полей характеризуются спецификой водно-воздушного режима, состоящей в создании условий временного избыточного увлажнения. Наряду с основными элементами питания, пищевой режим почв рисовых полей определяют кальций, кремний и сера, характер поведения которых имеет свою специфику в восстановленных условиях. Следует отметить, что рис является кремнефилом и потребляет значительное количество SiO_2 для построения растительного организма (Ачканов, Бугаевский, 1973). Для роста и развития растений риса также необходим и незаменим кальций. На формирование 1 т урожая зерна риса затрачивается 2,6 кг этого элемента. Из этого количества непосредственно зерном риса отщуждается 30 % кальция (Шеуджен, 2006).

При систематическом длительном затоплении рисовых полей из пахотного слоя почвы происходит постепенное вымывание кальция (Паращенко, 1976; 1986). Как показали исследования Е.П. Алешина (1993) и А.Х. Шеуджена (2006), баланс кальция в почвах рисовых полей Кубани отрицательный. Причем обеднение пахотного горизонта рисовых почв этим элементом наиболее интенсивно происходит при систематическом внесении под рис высококонцентрированных безбалластных минеральных удобрений – мочевины, двойного суперфосфата и хлористого калия. Следовательно, возникает необходимость внесения под рис кальциевых удобрений.

Недостаточная изученность применения различных форм кальциевых удобрений под рис в зависимости от свойств почвы, ее кислотности, а также сочетания с внесением других видов минеральных удобрений не позволяло широко применять кальцийсодержащие удобрения на рисовых полях Кубани. Изучение этих вопросов позволило бы более обстоятельно установить изменения агрохимических свойств почвы в результате внесения мелиорантов на рисовых полях и обосновать рекомендации по их применению (Паращенко, 1986; Окорков, 2010).

Исследования проведены на опытном поле ФГУП РПЗ «Красноармейский» имени Майстренко ВНИИ риса. Почвенный покров хозяйства тесно увязан с элементами рельефа. Распределение земель сельскохозяйственных угодий: пашня занимает 11439 га, что составляет 93% от общей площади, в том числе орошаемая 6874 га. В структуре посевных площадей преобладают зерновые (75-80%) и кормовые (18-24%) культуры. Среди зерновых культур 50% пахотных угодий занимает рис. Кроме риса пашня хозяйства занята озимой пшеницей (7,5%), кукурузой на зерно (12,5%), однолетними (6,5%) и многолетними (6,4%) травами.

Ранее проведенные исследования на почвах рисовых систем Кубани в рамках многолетнего полевого опыта показали высокую эффективность фосфогипса и известняковой муки в условиях орошения (Кремзин, 1990). Средняя за 3 года прибавка урожайности зерна риса при внесении только фосфогипса на фоне без удобрений составила 5,2 ц/га, а на фоне

азотно-калийных удобрений – 7 ц/га. Урожайность риса при гипсовании повышалась в основном за счет большого количества растений, сохранившихся к уборке и повышения коэффициента кущения. Перед уборкой густота стояния растений на немелиорированных участках была 162-201 шт/м², а на мелиорированных – 183-209 шт/м². Установлено, что на участках, где фосфогипс внесен в полной дозе, рассчитанной по обменному натрию, в течение трех лет применять фосфорные удобрения не нужно.

Полевые опыты проводили на лугово-чернозёмной тяжелоуглинистой почве, которая средне обеспечена подвижными формами азота и подвижными соединениями фосфора, содержание обменного калия повышенное, содержание гумуса (по Тюрину) в пахотном слое – 2,85%, подвижного фосфора и обменного калия (по Мачигину), соответственно, 54,8 и 328,5 мг/кг, $\text{pH}_{\text{кол}}$ 5,8 (по ГОСТ 26483-85), количество обменного кальция – 34,6 мг-экв/100 г почвы. Предшественник – многолетние травы. Повторность опыта 4-кратная. Известняковую муку и фосфогипс вносили перед посевом в дозах 0; 1,5 и 3,0 т/га поверхностно с дальнейшей заделкой в почву на глубину 10-15 см. Исследование проводили на фоне минеральных удобрений, вносимых в почву ежегодно в дозе $\text{N}_{110}\text{P}_{70}\text{K}_{60}$. Азотные удобрения вносили дробно: 60% — как основное удобрение и 40% – при подкормках в фазе кущения. В качестве объекта исследований был выбран сорт риса Лиман. Агротехника в опыте общепринятая для данной зоны и соответствует рекомендациям ВНИИ риса.

Внесение различных форм мелиорантов под рис изменяет реакцию почвенного раствора и создает благоприятный питательный и окислительно-восстановительный режимы, улучшая условия произрастания семян и способствуя формированию оптимальной густоты стояния растений. Выявлено, что различные формы кальцийсодержащих удобрений на лугово-чернозёмных почвах уже в первый год после внесения значительно изменяют уровень кислотности среды. Реакция почвенного раствора (pH) в зависимости от дозы мелиорантов увеличилась от 5,8 до 6,24. В последующий год действие было нарастающим (табл. 1).

1. Влияние известкования почвы на реакцию почвенного раствора

Доза известки	pH среды через:		
	Через 1 год	Через 2 года	В среднем за 2 года
Контроль	5,81	5,80	5,80
Известняковая мука, т/га:			
1,5	6,04	6,10	6,07
3,0	6,14	6,22	6,18
Фосфогипс, т/га: 1,5 т/га	6,00	6,05	6,03
3,0	6,16	6,24	6,20
HCP_{05} , ед. pH	0,15	0,17	0,16

Доза мелиорантов 1,5 т/га обусловила увеличение pH среды в среднем с 5,8 до 6,03-6,7, дальнейшее увеличение дозы до 3,0 т/га – соответственно до 6,2. Достоверного преимущества какого-либо мелиоранта не выявлено.

Применение кальцийсодержащих удобрений положительно повлияло на рост и развитие растений риса. Внесение известки способствовало увеличению высоты растений риса на 5,0-7,8 см, в среднем за 2 года с 88,0 см на контроле до 95,8 см на фоне дозы 3,0 т/га; количества корней на 1 растении – на 13,5-18,5 шт. Кроме того, отмечено формирование более продуктивной метелки вследствие увеличения количества колосков в среднем на 143-308 шт/10 растений, а также некоторого увеличения массы 1000 зерен – 30-32 г. Однако, наивысшие показатели наблюдались в варианте с внесением фосфогипса в дозе 3,0 т/га, например, масса 1000 зерен на фоне оптимальной дозы увеличилась до 32,8 г, что обусловило повышение урожая зерна риса.

В зависимости от дозы и формы мелиорантов урожайность риса по отношению к контролю возрастала в среднем на 4,1-7,2 ц/га (табл. 2). Наибольший эффект достигался при внесении фосфогипса в дозе 3,0 т/га.

Результаты исследований позволяют заключить, что внесение кальцийсодержащих удобрений под рис обеспечивает благоприятные условия для формирования его продуктивности. Наиболее эффективной была доза фосфогипса 3,0 т/га. Внесение мелиорантов также способствует поддержанию положительного баланса кальция в почве.

2. Урожайность зерна риса в зависимости от дозы известкового удобрения (в среднем за два года)

Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка урожайности	
		общая, ц/га	%
Контроль	60,2	-	-
Известняковая мука, т/га: 1,5	64,3	4,1	6,8
3,0	66,6	6,4	10,6
Фосфогипс, т/га: 1,5	65,9	5,7	9,4
3,0	67,4	7,2	12,0
НСП ₀₅ , ц/га	1,6		

Применение фосфогипса, как высокоэффективного энергo-и ресурсосберегающего фактора, актуально и чрезвычайно перспективно. Очень важно природоохранное значение применения фосфогипса, так как при этом не только освобождаются тысячи гектаров земли, занятых отвалами, но и обогащаются почвы кальцием, кремнием, фосфором, серой и комплексом микроэлементов. Применение высокоэффективных и

недорогих мелиорантов на площади хотя бы 1 млн га позволит ежегодно экономить не менее 1,5-1,8 млрд. руб.

Литература

1. Алешин Е.П., Алешин Н.Е. Рис.-М., 1993. – 504 с.
2. Аристархов А.Н. Агрохимия серы. – М.: ВНИИА, 2007.- 272 с.
3. Ачканов А.Я., Хомутов Ю.В., Эйсерг Э.К. Эффективное применение удобрений на Северном Кавказе. – М: Россельхозиздат, 1984. - 160 с.
4. Кремзин Н.М. Удобрение и химическая мелиорация солонцовых почв Кубани, используемых под рис// Автореф. канд. дисс.– М., 1990.- 23 с.
5. 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.
6. Паленко Ю.С. Экономический анализ опытных исследований по гипсованию солонцовых земель// О мерах по освоению солонцовых почв в Казахской ССР. Материалы республ. совещания.– Алма-Ата, 1982. -С. 100-115.
7. Паращенко В.Н., Деньгин С.Г. Продуктивность риса при известковании почвы // Тр. Куб.СХИ. 1976. Вып. 119(147).- С. 58-60.
8. Паращенко В.Н. Продуктивность и минеральное питание риса при внесении в почву различных соединений кальция// Автореф. дис. канд. с.-х. н.- М, 1986. – 17 с.
9. Трунова И.О. Забруднення ґрунтів важкими металами в районі відвалів фосфогіпсу // Межрегиональные проблемы экологической безопасности «МПЭБ-2003»: Сборник тезисов трудов симпозиума. – Сумы, Довкілля, 2003. – 114 с.
10. Шеуджен А.Х. Агрохимия. – Майкоп, 2006.- 1072 с.
11. Шкель М.П. Применение серосодержащих удобрений. – Минск: Урожай, 1979.- 62 с.
12. Шугля З.М. Выявление потребности растений в сере и эффективность фосфогипса на дерново-подзолистых суглинистых почвах западной части БССР// Автореф. канд. дисс.– Жодино, 1969.- 20 с.

EFFICIENCY OF DIFFERENT CALCIUM-CONTAINING FERTILIZERS FOR RICE CULTIVATION

S.V. Kizinek¹, M.Yu. Loktionov²

¹*RPZ Krasnoarmeiskii, Oktyabr'skii, Krasnoarmeisk raion, Krasnodar krai*

²*EuroChem Mineral and Chemical Company, E-mail: rgpzkrs@mail.kuban.ru*

The agro-ecological efficiencies of different calcium-containing fertilizers have been studied. The advantage of phosphogypsum in rice crop rotations on meadow-chnozemic soils has been revealed.

Keywords: rice, calcium-containing fertilizers, phosphogypsum, crop rotation.