

# АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И АГРОХИМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ В РИСОВОМ СЕВООБОРОТЕ

*А.Х. ШЕУДЖЕН (фото),*

*доктор биологических наук, профессор, академик РАЕН, заслуженный деятель науки Российской Федерации, Кубани и Республики Адыгея*

*Л.М. ОНИЩЕНКО,*

*кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Кубанский ГАУ, г. Краснодар*

*Т.Н. БОНДАРЕВА,*

*кандидат сельскохозяйственных наук,*

*Х.Д. ХУРУМ,*

*кандидат сельскохозяйственных наук, ВНИИ риса, г. Краснодар*



Учитывая актуальность рассматриваемой проблемы, нами в период 1997-2007 годов были проведены исследования, результаты которых представлены в данной работе.

## **цель и методика исследований**

Целью исследований являлось теоретическое обоснование и разработка технологии применения микроудобрений, обеспечивающей получение высоких урожаев культур рисового севооборота, а также установление их влияния на содержание элементов минерального питания в растениях и в почве и качество сельскохозяйственной продукции.

В задачу исследований входили:

- 1) оценка обеспеченности почв зоны рисосеяния Кубани подвижными формами микроэлементов;
- 2) исследование пищевого режима почвы под культурами рисового севооборота при внесении микроудобрений; определение влияния микроудобрений на содержание элементов питания, рост и фотосинтетическую деятельность растений риса и люцерны;
- 3) установление закономерностей изменения под воздействием микроэлементов коэффициентов использования растениями азота, фосфора и калия из удобрений; установление оптимальных доз, сроков и способов внесения микроудобрений, обеспечивающих высокую продуктивность культур рисового севооборота;
- 4) выявление действия микроудобрений на формирование элемен-

**Ключевые слова:** *микроудобрения, макроэлементы, микроэлементы, рисовый севооборот, система удобрения, эффективность.*

Одним из основных резервов увеличения урожайности культур рисового севооборота является повышение эффективности использования удобрений. В комплексе мероприятий и приемов рационального их применения в рисоводстве первостепенное значение имеет определение количества каждого вида, обеспечивающего максимальную реализацию потенциальной продуктивности районированных сортов и сохранение почвенного плодородия. При существующих объемах применения удобрений в рисоводстве каждый центнер неправильно использованных туков оборачивается для рисоводов потерями, исчисляемыми тысячами рублей. Это определяет необходимость совершенствования системы удобрения культуры с учетом плодородия почв рисовых полей (Шеуджен А.Х., Алешин Н.Е., 1996; Хурум Х.Д., 2005).

Коренной недостаток существующей системы удобрения риса - ее несбалансированность по элементам питания. Как правило, вносят только азот, фосфор и калий, в то

время как для роста и развития растений помимо указанных макроэлементов необходимы и микроэлементы: бор, кобальт, марганец, медь, молибден, цинк. В результате этого не обеспечивается должный уровень минерального питания, сбалансированного по всем элементам, необходимым для жизнедеятельности растений. Поэтому агрохимическая концепция развития рисоводства для обеспечения экологической стабильности в регионах рисосеяния при производстве экономически обоснованной и биологически полноценной продукции предусматривает включение микроэлементов в систему удобрения. Правильно разработанная система удобрения риса и сопутствующих культур рисового севооборота обеспечивает увеличение урожайности, улучшение качества продукции, сохранение и воспроизводство плодородия почв и ограничение агрогенного загрязнения окружающей среды (Шеуджен А.Х., 2005; Шеуджен А.Х., Харитонов Е.М., Хурум Х.Д., Бондарева Т.Н., 2006).

***Microfertilizer, macroelement, microelement, rice crop rotation, fertilizer system, efficiency.***

## Земледелие. Растениеводство

тов структуры урожая и качество продукции культур рисового севооборота.

Исследования проводились на рисовой оросительной системе Государственного элитно-семеноводческого предприятия "Красное" (ГЭСП "Красное") и Адыгейского научно-технического центра "Рис" (АНТЦ "Рис"). ГЭСП "Красное" расположено в Красноармейском районе Краснодарского края в 60 км юго-западнее г. Краснодара. АНТЦ "Рис" находится в северо-восточной части Тахтамукайского района Республики Адыгея. Объектами исследования служили районированные сорта риса Лиман, Регул, Рапан и Хазар; люцерна Славянская местная.

Погодные условия в годы проведения исследований были близки к средним многолетним и обеспечивали получение высоких урожаев риса.

Исследования проводились на рисовой лугово-черноземной и аллювиальной луговой почвах. Гумуса в пахотном слое рисовых лугово-черноземных почв содержалось 3-4%, валового азота, фосфора и калия - соответственно 0,14-0,26; 0,13-0,20 и 1,10-1,70%. Обеспеченность подвижными формами элементов минерального питания достаточно высокая. Реакция почвенного раствора близка к нейтральной. Мощность гумусового горизонта аллювиальной луговой почвы достигает 40-50 см при наличии гумуса в верхнем горизонте 2,4-3,2%. Валового азота, фосфора и калия содержится 0,14-0,16; 0,17-0,19 и 1,10-1,40% соответственно. Содержание подвижных форм элементов минерального питания в почвах среднее. Реакция среды изменяется от нейтральной до слабощелочной.

Во всех опытах с рисом за исключением специально оговоренных исследований проводились при общепринятой агротехнике на оптимальном азотно-фосфорно-калийном фоне. Предшественник - оборот пласта многолетних трав. Посев проводили элитными семенами в оптимальные сроки. Норма высева - 7 млн/га всхожих зерен. Глубина заделки - 1,5, 2,0 см. Площадь делянок составляла 100 м<sup>2</sup> и 4 м<sup>2</sup>. Повторность - 4-кратная. В почву микроудобрения вносили в два срока: до посева вместе с азотно-фосфорно-калийными и в виде корневой подкормки в фазу всходов растений. Предпосевную обработку семян проводили двумя способами: смачиванием (полусухим) из расчета 10 л рабочего раствора на 1 т и замачиванием путем погружения посевного материала в растворы микроэлементов на 24 часа. Контролем служили семена, обработанные водой. Некорневую подкормку растений осуществляли водными растворами микроэлементов из расчета 300 л/га рабочего раствора. Уборку урожая проводили в фазу полной спелости зерна. Полученные данные подвергались математи-

ческой обработке методом дисперсионного анализа.

Минеральные удобрения под люцерну вносились в почву из расчета N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>. Половину их вносили под предпосевную обработку почвы, остальные - в конце первого года жизни люцерны. Микроудобрения всей дозой вносили под предпосевную обработку почвы. Норма высева семян - 25 кг/га. Способ посева - рядовой. Глубина заделки семян - 2,0-2,5 см.

Для решения поставленных задач были проведены лабораторные, полевые и производственные опыты. Как показали проведенные исследования, аллювиальная луговая, аллювиальная лугово-болотная, луговая и лугово-черноземная почвы зоны рисосеяния Кубани по содержанию микроэлементов значительно разнятся между собой.

Валовое содержание бора в пахотном 0-20 см слое этих почв колеблется от 35,1 до 45 мг/кг, в подпахотном 20-40 см горизонте - от 32,4 до 40,7 мг/кг. Больше его содержит луговая и лугово-черноземная почвы, меньше - аллювиальная луговая и аллювиальная лугово-болотная. В кислотную (20% HCl) вытяжку переходит в среднем 5,71 мг/кг элемента, что составляет 15% от его запаса в почве. В водную вытяжку бора переходит в 6-7 раз меньше, чем извлекается 20-процентным раствором HCl. Это свидетельствует о недоступности растениям риса и сопутствующим культурам рисового севооборота этого элемента в почве.

Запасы валового кобальта в почвах рисовых полей колеблются от 16,2 до 17,6 мг/кг. Наиболее обеспечена им лугово-черноземная почва, наименее - аллювиальная луговая. Луговая и аллювиальная лугово-болотная почвы занимают промежуточное положение по содержанию валового кобальта. В почвах этот элемент входит преимущественно в состав полуторных оксидов. На долю этой группы соединений приходится более половины от валового содержания. В первичных и глинистых минералах содержится 23,1-24,9%, в органическом веществе - 15,8-16,6%, в карбонатах - 6,4-7,1% от валового запаса кобальта в почвах. Наименьшая доля элемента содержится в обменной и легкорастворимой формах - 0,68-1,08%.

Кларк меди в почвах рисовых полей Кубани равен 20,7 мг/кг. Содержание валовой меди изменяется от 19,0 мг/кг в аллювиальной лугово-болотной почве до 11,8 мг/кг в лугово-черноземной. Доля обменной и водорастворимой меди в почвах в среднем составляет 2,2 и 1,0% соответственно от ее валового содержания. Наибольшее содержание обменной меди отмечено в лугово-черноземной почве (0,54 мг/кг), наи-

меньшее - в аллювиальной лугово-болотной почве (0,37 мг/кг).

Среднее содержание валового марганца в рисовых почвах - 479,5 мг/кг. Отклонение от этой величины в меньшую сторону составляет 27,5 мг/кг (аллювиальная луговая), в большую - 41,5 мг/кг (лугово-черноземная). Содержание водорастворимого марганца в почвах в среднем составляет 28,6 мг/кг или 1,2% от его запаса. Содержание обменного марганца колеблется от 27,0 до 29,8 мг/кг и в среднем составляет 6% от валового его количества.

Кларк молибдена в рисовых почвах равен 1,8 мг/кг. Лучше обеспечены этим элементом лугово-черноземная (2,0 мг/кг) и луговая (1,8 мг/кг) почвы. Бедны им аллювиальная луговая (1,6 мг/кг) и аллювиальная лугово-болотная (1,7 мг/кг). Содержание водорастворимого молибдена в рисовых почвах колеблется от 0,08 до 0,10 мг/кг и в среднем составляет 0,09 мг/кг или 5% от его валового запаса. Количество обменного молибдена (MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), адсорбированного глинистыми минералами, варьируется от 0,17 до 0,26 мг/кг, а в среднем оно равно 0,21 мг/кг или 11,7% от его валового содержания.

Кларк цинка в рисовых почвах составляет 48,2 мг/кг. Аллювиальная луговая и аллювиальная лугово-болотная почвы характеризуются низким содержанием этого элемента (46,2-47,7 мг/кг). В луговой и лугово-черноземной его несколько больше (48,4-50,6 мг/кг). Водорастворимого цинка в почвах очень мало - от 0,98 до 1,24 мг/кг, в среднем - 1,11 мг/кг или 2,3% от его валового запаса. Обменного цинка в почвах содержится в среднем 5 мг/кг, что составляет примерно 10% от его валового количества.

Длительное возделывание риса приводит к снижению содержания в почве подвижных форм микроэлементов. За 20 лет количество водорастворимого бора в пахотном 0-20 см слое почв уменьшилось на 4,9-7,3%, подвижных форм кобальта - на 4,3-11,7%, марганца - на 2,6-5,6%, меди - на 5,8-9,9%, молибдена - на 5,0-13,6%, цинка - на 3,5-6,7%. Тенденция снижения содержания в почве микроэлементов наиболее четко проявляется при возделывании риса в монокультуре. Запашка сидератов в условиях монокультуры существенно замедлила, но не устранила эти негативные процессы в почве. При возделывании риса в севообороте с многолетними травами темпы обеднения почвы микроэлементами хотя и проявляются, но значительно слабее.

Содержание подвижных форм микроэлементов в рисовых почвах подвержено сезонным колебаниям. Наибольшее их количество отмечается в фазе всходов растений риса. Этому

способствуют усилению минерализации органического вещества и разрушение окристаллизованных форм микроэлементов в почве под воздействием оросительной воды. Снижение окислительно-восстановительного потенциала почвы в результате длительного затопления в последующий период вегетации риса благоприятствует дальнейшему накоплению в ней подвижных форм марганца, но отрицательно влияет на содержание кобальта, меди, молибдена и цинка. Орошение риса приводит к интенсивному вымыванию водорастворимых форм бора. Сезонные колебания содержания в почвах бора находились в пределах 0,71-1,00 мг/кг, кобальта - 0,76-0,92 мг/кг, марганца - 48,8-52,0 мг/кг, меди - 4,52-4,96 мг/кг, молибдена - 0,17-0,21 мг/кг, цинка - 0,77-0,84 мг/кг. Микроудобрения не сказались на общем характере динамики содержания подвижных форм микроэлементов в почве, а влияли лишь на их количественные значения.

Выращивание люцерны в рисовом севообороте позволяет существенно ограничить деградационные процессы, улучшить гумусовое состояние и азотный режим почвы. Эта культура после себя оставляет пожнивно-корневых остатков в 8-10 раз больше, чем рис. В них накапливается 100-150 кг/га азота. После распашки люцерны третьего года, выращенной без применения удобрений, содержание гумуса в пахотном 0-20 см слое почвы увеличивается на 0,02%, минерального азота ( $\text{NO}_3 + \text{NH}_4$ ) - на 15,7%, подвижного фосфора - на 2,1%. Минеральные удобрения ( $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{60}$ ) усилили положительное влияние люцерны на агрохимические показатели плодородия почвы. Содержание общего гумуса, минерального азота и подвижного фосфора в почве возросло соответственно на 0,04; 25,5 и 3,0%. Наибольший эколого-агрохимический эффект от возделывания люцерны в рисовом севообороте получен при включении микроэлементов в систему удобрения. Бор и молибден увеличили содержание в почве общего гумуса, минерального азота и подвижного фосфора. Кобальт, медь и цинк не повышали количество подвижного фосфора, но положительно влияли на гумусированность почвы и содержание минерального азота. Марганец в этом отношении мало реактивен.

Включение микроэлементов в систему удобрения риса и сопутствующих культур рисового севооборота способствует усилению фотосинтетической деятельности растений: увеличивается площадь листьев и продолжительность активного их функционирования, повышается обеспеченность фотосинтетического аппарата пластидными пигментами, интенсивность и чистая продуктивность фотосинтеза. Наи-

больший стимулирующий эффект наблюдается от молибдена, меди и цинка. Эффективность бора, кобальта и марганца несколько ниже.

Оптимизация минерального питания риса и люцерны микроэлементами способствует формированию мощной и физиологически активной корневой системы, увеличению массы сухого вещества корней и надземных органов, а также положительно влияет на высоту растений. При внесении микроудобрений всходы люцерны появляются на 1-2 дня раньше. Ускоряются органообразовательные процессы. Так, фаза ветвления при внесении борного, кобальтового и цинкового микроудобрений наступает через 40 дней после посева, тогда как в неободренном варианте - через 45 дней. Разница в наступлении фаз между удобренными вариантами и контролем сохраняется и в последующие фазы развития люцерны: бутонизации и цветения.

Предпосевное обогащение семян микроэлементами и изменение пищевого режима почвы за счет использования микроудобрений оказывают положительное влияние на содержание в органах растений риса и люцерны одноименных микроэлементов, азота, фосфора и калия. При этом затраты макро- и микроэлементов на формирование 1 т урожая зерна риса или биомассы люцерны существенно не возрастают.

Расчет величин выноса макро- и микроэлементов основной и побочной продукции на 1 га площади посева риса показал, что применение микроудобрений значительно повышает эти показатели. При внесении борного, кобальтового, марганцевого, медного, молибденового и цинкового удобрений увеличивается хозяйственный вынос одноименных микроэлементов соответственно на 4,2-8,9; 0,4-1,1; 35,6-84,7; 14,8-24,8; 0,3-2,4 и 1,1-17,4 ц/га; азота - на 8,5-15,5; 10,5-11,4; 7,5-7,9; 5,7-15,4; 7,2-22,8 и 4,5-14,7 кг/га; фосфора - на 3,9-5,9; 2,7-7,8; 3,4-6,4; 3,2-5,3; 5,7-13,2 и 0,9-4,7 кг/га; калия - на 9,3-5,9; 2,7-7,8; 3,4-6,4; 3,2-5,3; 5,7-13,2 и 0,9-4,7 кг/га.

Обеспеченность растений риса микроэлементами играет важную роль в эффективном использовании удобрений. Микроэлементы способствуют повышению коэффициента использования азота из удобрений на 6,9-13,1%, фосфора - на 5,9-17,0%, калия - на 14,7-28,8%. По влиянию на потребление растениями риса азота из удобрений микроэлементы образуют следующий возрастающий ряд: Mn, Co, Zn, B, Mo; фосфора - Zn, Mn, Cu, B, Co, Mo. Этот ряд по отношению к калию изменяется следующим образом: Mn, B, Co, Zn, Cu, Mo. Способствуя более полному усвоению растениями азота, фосфора и калия из удобрений, микроэлементы в рисовом аг-

роценнозе выполняют экологические функции, ограничивая в значительной степени поступление в окружающую среду остаточных количеств удобрений.

Микроудобрения создают благоприятные условия для корневого питания риса и люцерны и тем самым смягчают остроту конкурентных взаимоотношений между отдельными растениями в агроценнозе. Последнее определяет формирование более высокой густоты стояния растений и лучшую их выживаемость. В зависимости от способа применения микроудобрений они повышают полевую всхожесть семян риса на 4,0-5,5%, выживаемость растений - на 4,2-4,5%. Марганцевое, цинковое, медное, кобальтовое, борное и молибденовое микроудобрения повышают густоту стояния люцерны в первый год жизни растений соответственно на 6, 10, 13, 12, 1 и 14 шт./м<sup>2</sup>, во второй год жизни - на 10, 15, 20, 17, 5 и 23 шт./м<sup>2</sup>, в третий год жизни - на 9, 12, 16, 14, 6 и 18 шт./м<sup>2</sup>.

Микроудобрения повышают продуктивность риса и сопутствующих культур рисового севооборота. Борное микроудобрение в зависимости от способа применения повышает урожайность зерна риса на 3,3-5,7 ц/га, кобальтовое - на 1,8-6,3 ц/га, медное - на 5,0-7,1 ц/га, молибденовое - на 5,6-7,3 ц/га, цинковое - на 3,4-6,7 ц/га. В сумме за 7 уроков урожайность зеленой массы люцерны вследствие применения борного микроудобрения повысилась на 10,7 ц/га, кобальтового - на 17,6 ц/га, марганцевого - на 6,7 ц/га, медного - на 24,8 ц/га, молибденового - на 32,6 ц/га, цинкового - на 12,2 ц/га.

Оптимизация питания растений микроэлементами оказывает существенное влияние на качество сельскохозяйственной продукции. Кобальтовое, медное и молибденовое микроудобрения повышают белковую массу зерна риса; борное, марганцевое и цинковое - содержание крахмала. Все виды микроудобрений в определенной степени снижают пленчатость зерна и увеличивают общий выход крупы.

Включение микроэлементов в систему удобрения люцерны повышает питательную ценность зеленой массы, оцениваемую сбором корневых единиц, долей перевариваемого протеина, безазотных экстрактивных веществ (БЭВ), клетчатки, жира и зольных элементов.

Совокупность экономических и энергетических показателей подтверждает целесообразность применения микроудобрений в рисовом севообороте. В зависимости от вида и способа применения микроудобрений окупаемость 1 руб. затрат на посевах риса и люцерны составляет соответственно 1,3-2,9 и 1,5-2,2 руб.;

*Земледелие. Растениеводство - Лесное хозяйство*

---

условно чистый доход - 390-2726 и 93-748 руб./га; норма рентабельнос-

ти - 30-170 и 50-120%. Энергетическая оценка также подтверждает вы-

сокую эффективность применения микроудобрений в рисоводстве.

**Литература**

1. Шеуджен А. Х., Алешин Е. П. Теория и практика применения микроудобрений в рисоводстве. Майкоп, 1996. 313 с.
  2. Хурум Х. Д. Микроэлементы в рисоводстве. М. : Изд-во МГУ, 2005. 171 с.
  3. Шеуджен А. Х. Агрохимия и физиология питания риса. Майкоп : ГУРИПП "Адыгея", 2005. 1012 с.
  4. Шеуджен А. Х., Харитонов Е. М., Хурум Х. Д. и др. Агрохимия микроэлементов в рисоводстве. Майкоп : Афиша, 2006. 246 с.
- 
-