

## АГРОХИМИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ В РИСОВОДСТВЕ

**А.Х. Шеуджен, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук,  
ВНИИ риса, Кубанский ГАУ**

Включение микроэлементов в систему удобрения риса - обязательный элемент наукоемких технологий. Необходимость этого приема обусловлена недостаточным содержанием в рисовых почвах Краснодарского края подвижных форм соединений микроэлементов, которое составляет в среднем 0,78-1,88 мг/кг бора, 0,76-1,26 – кобальта, 42,6-64,2 – марганца, 4,11-6,71 – меди, 0,17-0,34 – молибдена, 0,64-1,88 мг/кг цинка. Предпосевное обогащение семян риса различными микроэлементами повышает урожайность зерна на 2,4–6,7 ц/га (3,3–9,0 %). Наибольшие прибавки формировались при концентрации рабочего раствора для бора, кобальта, молибдена, меди – 0,5 %, цинка и марганца – 1,0 %. При низком содержании микроэлементов в почве обязательно внесение микроудобрений до посева или в фазе всходов: бора, кобальта, молибдена – 2 кг/га, меди – 3, цинка и марганца – 4 кг/га, что обеспечивает увеличение урожайности на 2,9–6,3 ц/га. Некорневую подкормку растений микроэлементами целесообразно проводить в фазе кушения риса 0,1 %-ными водными растворами. Этот прием позволит повысить урожайность на 3,6–5,4 ц/га.

**Ключевые слова:** рис, микроудобрения, микроэлементы, бор, кобальт, марганец, медь, молибден, цинк.

Первые исследования по влиянию микроэлементов на онтогенез растений риса относятся к началу XX в. М. Nagaoka в 1902 г. первым сообщил о значительном увеличении урожая этой культуры под воздействием марганца. Спустя четыре года К. Aso (1906 г.) показал положительное влияние этого микроэлемента на рост и развитие растений риса. М. Roxas в 1911 г. опубликовал результаты вегетационного опыта, доказывающие положительное влияние марганца, бора, кобальта, меди и цинка на продуктивность растений риса. Однако автор считал их стимуляторами роста, а не необходимыми элементами минерального питания растений. Такого же мнения придерживался и Н. Konsuloff, опубликовавший в 1928 г. результаты изучения отзывчивости риса на содержание меди в питательной среде. В том же году G. Samuel и C.S. Pirper (1928) экспериментально доказали необходимость марганца для роста и развития растений риса. В их опытах растения, не получавшие марганец, погибли уже через несколько дней с начала вегетации, а получившие незначительное его количество заболели серой пятнистостью. М. Токуома первым в 1938 г. в условиях водных культур выявил у растений риса симптомы недостатка бора, меди и цинка. В нашей стране первые исследования влияния микроэлементов на жизнедеятельность и продуктивность растений риса были проведены Е.И. Бандурко (1937) в начале 30-х годов XX в. на Кубанской рисовой опытной станции (ныне ВНИИ риса). В вегетационном опыте им была установлена высокая отзывчивость риса на нали-



чие марганца в питательной среде. Растения, получившие этот микроэлемент лучше кустились, имели большую листовую поверхность и темно-зеленую окраску листьев. Прибавка урожая риса в зависимости от внесенной дозы марганца составляла 28-63 %. К сожалению, в связи с начавшейся Великой Отечественной войны, исследования по применению микроудобрений под рис были временно прерваны и лишь в конце 50-х годов вновь возобновились [1, 4].

Проблема применения микроудобрений в рисоводстве с каждым годом всё актуальнее, так как ежегодно большое количество микроэлементов отчуждается из почв рисовых полей с урожаем, а также вымывается со сбросными и фильтрационными водами. Положение усугубляется и все возрастающим применением под рис высококонцентрированных безбалластных минеральных удобрений, способствующих снижению возврата микроэлементов в почву и изменению ионного равновесия почвенного раствора в неблагоприятную для питания растений сторону. По указанным причинам растения риса практически всегда положительно отзываются на внесение микроудобрений. Необходимость их применения под эту культуру диктуется также снижением подвижности большинства микроэлементов за счет образования в затопленной почве недоступных растениям соединений – гидрокарбонатов, сульфидов, фосфидов. Потребность риса в микроудобрениях возрастает и в связи с районированием высокоурожайных интенсивных сортов, требующих повышенного обеспечения всеми необходимыми макро- и микроэлементами [2].

Недостаток микроэлементов в почве вызывает у растений специфические нарушения обмена веществ, которые ведут к снижению урожая и ухудшению качества продукции [1]. Рисовые почвы Краснодарского края существенно различаются по содержанию подвижных форм микроэлементов. В среднем они содержат 0,78-1,88 мг/кг бора, 0,76-1,26 – кобальта, 42,6-64,2 – марганца, 4,11-6,71 – меди, 0,17-0,34 – молибдена, 0,64-1,88 мг/кг цинка [3].

К низкообеспеченным микроэлементами относятся почвы, содержащие в пахотном слое менее 0,5 мг/кг подвижных форм бора, 0,5 – кобальта, 0,15 – молибдена, 1,0 – цинка, 35,0 – марганца, 4,5 мг/кг меди. К среднеобеспеченным следует относить почвы, содержащие 0,5-1,0 мг/кг бора, 0,5-1,5 – кобальта, 0,15-0,25 – молибдена, 1,0-2,0 – цинка, 35,0-75,0 – марганца, 4,5-6,5 мг/кг меди. Высокообеспеченные почвы характеризуются еще большим содержанием этих микроэлементов (табл. 1). Оценивая рисовые почвы по содержанию подвижных форм микроэлементов следует отметить, что практически все они низко- и среднеобеспечены. Это связано с ежегодным их отчуждением с урожаем и вымыванием из верхних слоев почвы со сброс-

ными и фильтрационными водами. Богарные почвы той же исходной генетической принадлежности характеризуются лучшей обеспеченностью микроэлементами [4].

#### 1. Группировка рисовых почв Кубани по содержанию подвижных форм микроэлементов

Обеспеченность почв	Содержание микроэлементов, мг/кг									
	В	Мо	Mn		Cu		Zn		Co	
	водная вытяжка	оксидная вытяжка	1	2	1	2	1	2	1	2
Низкая	<0,5	<0,15	<20	<35	<0,3	<4,5	<3	<1	<0,1	<0,5
Средняя	0,5-1,0	0,15-0,25	20-30	35-75	0,3-0,5	4,5-6,5	3-6	1-2	0,15-0,30	0,5-1,5
Высокая	>1,0	>0,25	>30	>75	>0,6	>6,5	>6	>0	>0,30	>1,5

Примечание. 1 – ацетатно-аммонийный буфер, pH 4,8; 2 – по Пейверинькису.

В настоящее время вряд ли кто-то будет отрицать необходимость и незаменимость микроэлементов для жизнедеятельности и продукционного процесса растений риса. Однако не все производители риса включают их в технологию выращивания, что связано со скептическим отношением к ним из-за недостаточной информированности.

**Методика.** Исследования проводили на лугово-черноземной почве, агрохимическая характеристика которой представлена в таблице 2.

Погодные условия в период проведения экспериментов различались, но были характерными для зоны рисоссеяния Кубани и не вызвали ограничений в реализации потенциальной продуктивности рисовых агроценозов.

Влияние микроэлементов на продукционный процесс растений риса оценивалось по полученной уро-

жайности, поскольку именно она является итогом физиолого-биохимических процессов, протекающих в растениях, направленность которых зависит от генетической природы самого растения и условий его произрастания.

#### 2. Агрохимическая характеристика пахотного слоя рисовой лугово-черноземной почвы

Показатель	Содержание	Показатель	Содержание
Гумус, %	3,70-4,50	Бор водорастворимый, мг/кг	0,76-0,99
Азот общий, %	0,29-0,31	Кобальт подвижный, мг/кг	0,67-0,91
Фосфор общий, %	0,15-0,20	Марганец подвижный, мг/кг	48,8-60,1
Фосфор подвижный, мг/кг	40-60	Медь подвижная, мг/кг	3,32-4,66
Калий общий, %	1,20-1,70	Молибден подвижный, мг/кг	0,16-0,23
Калий обменный, мг/кг	200-270	Цинк подвижный, мг/кг	0,72-0,94

**Результаты и их обсуждение.** Микроудобрения, независимо от способа внесения, способствовали увеличению продуктивности рисового агроценоза.

Предпосевное обогащение семян риса различными микроэлементами в среднем за 4 года повышало урожайность зерна на 2,4-6,7 ц/га, или на 3,3-9,0 % (рис. 1). Наибольшие прибавки формировались при концентрации рабочего раствора для бора, кобальта, молибдена, меди – 0,5 %, цинка и марганца – 1,0 %. Использование таких концентраций обеспечивает получение стабильных по годам прибавок урожая, хотя не исключена возможность в отдельные годы большей эффективности других концентраций.

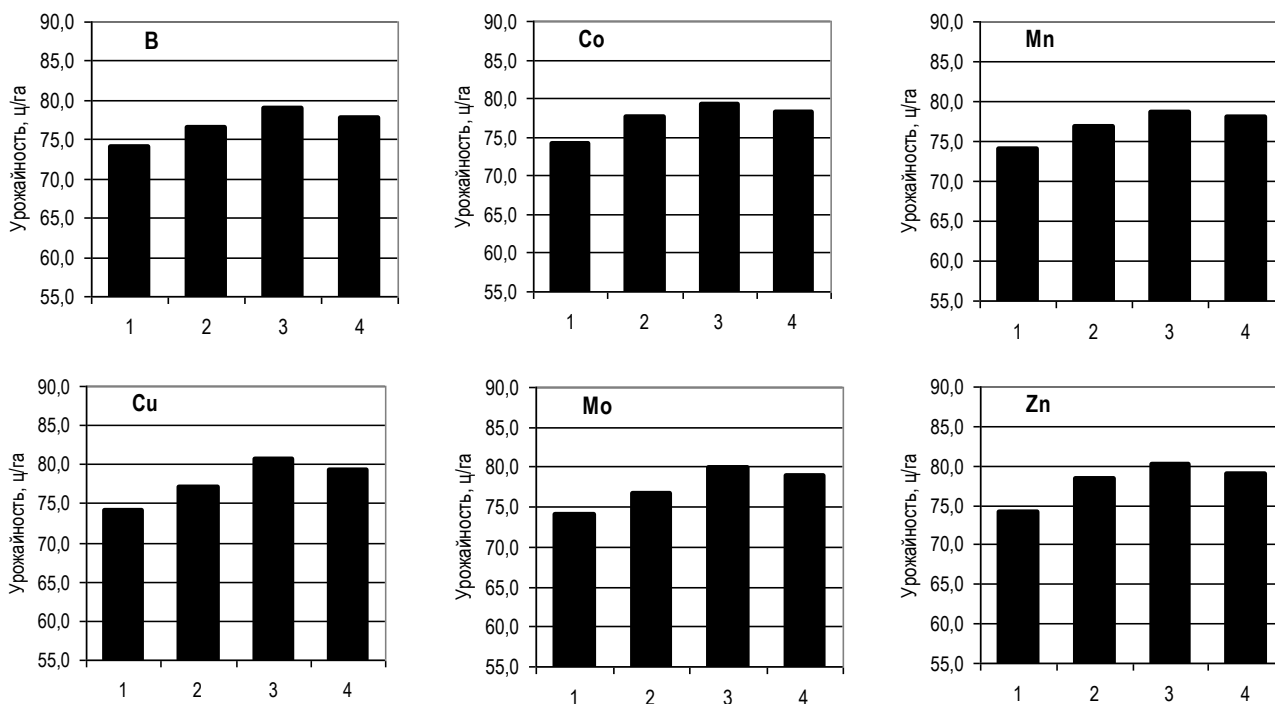


Рис. 1. Урожайность зерна риса при предпосевном обогащении семян водными растворами микроэлементов: 1-0%; 2-0,1%; 3-0,5%; 4-1%

Кобальт, марганец, медь, молибден и цинк при предпосевной обработке ими семян способствовали увеличению длины метелки (на 4,8-12,1 %), эти же микроэлементы и бор – повышению количества колосков в метелке (на 4,0-8,9 %), массы зерна с растения (на 13,0-20,1 %) и продуктивной кустистости (на 7,7-15,4 %). На пусто-

зерность метелки все микроэлементы, за исключением меди, влияли слабо. Возрастаанию доли зерна в биомассе растения способствует только молибден. Поскольку предпосевная обработка семян не влияет на массу 1000 зерен, можно предположить, что рост урожайности происходит в основном за счет большей выживаемости

растений, повышения их продуктивной кустистости и озерненности метелки.

Наряду с повышением урожайности при предпосевном обогащении семян микроэлементами изменяются химический состав и технологические показатели качества зерна риса. Борные, марганцевые и цинковые удобрения увеличивают количество крахмала в зерне, медные, молибденовые и в меньшей степени кобальтовые – повышают белковость зерна. Все микроэлементы способствуют снижению пленчатости зерновок, повышению их стекловидности и выхода крупы. При посеве семенами, обогащенными кобальтом, молибденом или цинком пленчатость зерна уменьшается на 0,9-1,0 %, а стекловидность повышается на 1,5-3,0 %. Выход крупы при этом увеличивается на 1,0-1,5 %. Все микроэлементы в той или иной степени способствуют увеличению содержания в зерне азота и фосфора, а марганец и медь – еще и калия; молибден – снижает, а бор, кобальт и цинк – не влияют на их накопление. Бор и кобальт способствуют накоплению магния в зерне. Все микроэлементы, за исключением молибдена, замедляют поступление в зерно кальция. На концентрации железа в зерне риса предпосевная обработка семян микроэлементами не отражается. Микроудобрения, хотя и весьма слабо, повышают со-

держание одноименных микроэлементов в зерне.

Внесение в почву большинство исследователей, занимавшихся микроудобрениями, считают основным и лучшим способом их применения при слабой обеспеченности почвы подвижными формами микроэлементов. Однако рекомендуемые для этого дозы одних и тех же микроэлементов варьируют в довольно широких пределах. У исследователей нет единой точки зрения и на сроки внесения микроудобрений в почву. Одни рекомендуют делать это до посева риса, другие – по всходам. Такое расхождение в рекомендациях вызывает необходимость корректировать их для конкретных почвенно-климатических условий возделывания культуры.

Оптимальной для предпосевного внесения в рисовую лугово-черноземную почву дозой бора, кобальта, молибдена является 2 кг/га, меди – 3, цинка и марганца – 4 кг/га (рис. 2). При внесении указанных удобрений прибавка урожайности риса составила, соответственно, 2,93; 4,29; 4,90; 6,10; 6,34 и 3,46 ц/га.

Кобальтовые, марганцевые, медные, молибденовые и цинковые удобрения необходимо вносить до посева или при помощи корневой подкормки по всходам риса, так как в этот период растения особенно требовательны к этим микроэлементам (рис. 3).

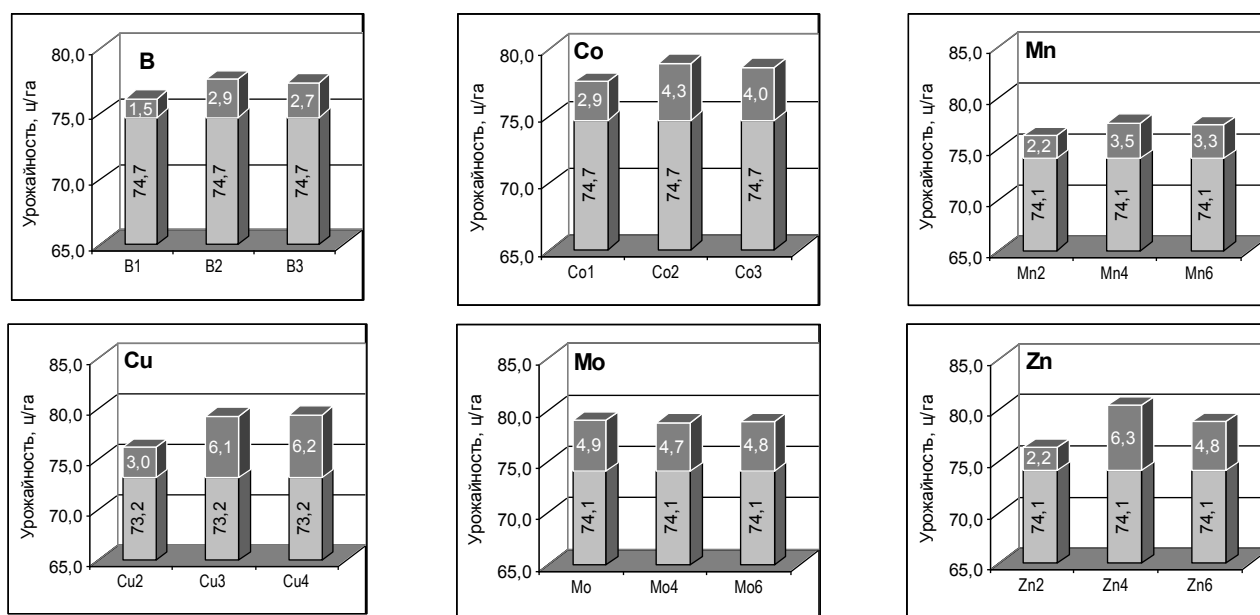


Рис. 2. Урожайность риса при предпосевном внесении различных доз микроудобрений в почву

Борные удобрения обеспечивают достоверные прибавки урожая зерна при внесении как до посева и в фазе всходов, так и в период выметывания растений. Это объясняется наличием у риса двух критических периодов по отношению к бору [2]. Эффективность борных удобрений выше при внесении в почву в предпосевной период, чем в более поздние сроки.

Действие микроудобрений проявляется не только в год их внесения, но и в последующие 3–5 лет (табл. 3). В год внесения достоверные прибавки урожайности зерна риса обеспечивают все микроудобрения. Последствие марганцевых удобрений проявляется в течение 1 года, кобальтовых – 2 лет, молибденовых и цинковых – 3 лет, медных – 4 лет. Борные удобрения таким свойством не обладают.

Урожайность риса повышается благодаря лучшему развитию следующих элементов его структуры: количество продуктивных стеблей, число колосков и зерен в метелке, выполненность зерновок. Коэффициент продуктивной кустистости заметно повышается под действием удобрений, содержащих кобальт, молибден, медь и цинк. Бор и марганец существенно не влияют на этот показатель. При внесении бора, кобальта, меди и цинка наблюдается тенденция к увеличению массы зерна с главной метелки. Марганец и молибден практически не влияют на этот показатель. На массу зерна с растения все микроэлементы оказывают положительное действие в основном за счет увеличения продуктивности боковых метелок. Количество колосков в метелке под действием микроэлементов практически не изменяется, но пустозерность несколько снижается. Бор, ко-

балът, цинк, марганец и медь довольно заметно снижают величину отношения зерна к соломе, а молибден, наоборот, способствует некоторому росту доли зерна. Все микроэлементы при внесении в почву повышают массу 1000 зерен, при этом наибольшее увеличение обеспечивают кобальт, медь, молибден и цинк, наименьшее – бор и марганец. Какого-либо заметного влияния на длину метелки риса микроэлементы не оказывают.

### 3. Действие и последствие микроудобрений на урожайность риса, ц/га

Удобрение	Действие	Год последствия				
		1-й	2-й	3-й	4-й	5-й
НРК – фон	78,6	70,6	72,3	71,4	67,8	72,0
Фон + В	82,7	70,8	72,0	71,3	68,0	73,6
Фон + Со	84,1	74,5	75,1	71,8	67,7	71,8
Фон + Мо	85,6	75,2	75,5	73,9	68,1	72,2
Фон + Cu	86,3	76,6	76,6	75,0	71,6	75,1
Фон + Zn	84,7	75,8	76,3	74,6	70,5	73,6
Фон + Mn	84,9	73,7	72,4	71,6	67,5	72,0

Микроэлементы, внесенные в почву, влияют на биохимические и технологические показатели качества

зерна. Бор, кобальт, молибден и медь повышают содержание в зерне белка; бор, медь, цинк и марганец – крахмала; бор и цинк – золы. Все микроэлементы в различной степени снижают пленчатость зерна и концентрацию в нем кальция. Цинк и медь увеличивают общий выход крупы, а бор, кобальт, медь, молибден и цинк – стекловидность. Неоднозначно влияние микроэлементов на трещиноватость зерна: медь способствует некоторому ее снижению, а молибден – несколько повышает; кобальт, цинк и марганец – практически не влияют на этот показатель качества зерна. Все микроэлементы способствуют увеличению в зерне количества азота; бор, кобальт, марганец, медь и молибден – в незначительной степени фосфора; бор и медь – калия. Кобальт и молибден не оказывают положительного влияния на концентрацию магния в зерне риса. На количество железа в зерне риса микроэлементы не влияют. Содержание самих микроэлементов в зерне несколько возрастает под воздействием одноименных микроудобрений.

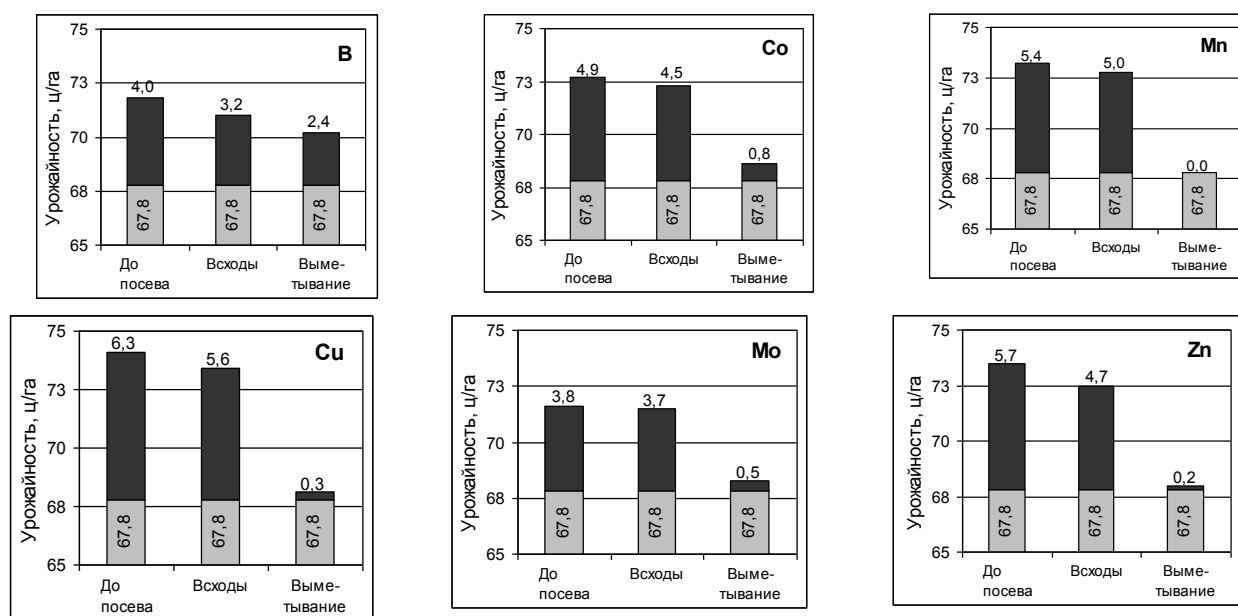


Рис. 3. Урожайность риса при внесении микроудобрений в почву перед посевом, в фазы всходов и выметывания

Один из высокоэффективных приемов применения микроудобрений на посевах риса - некорневая подкормка растений. Её проведение в фазы кушения, трубкования и выметывания при помощи однократного опрыскивания растений дает значительное и устойчивое повышение урожая зерна (рис. 4). Наибольший эффект этого агроприема обеспечивается при проведении его в фазе кушения риса, а при подкормке в более поздние сроки положительное влияние микроудобрений на продуктивность риса снижается. Это связано с различными этапами дифференциации конуса нарастания в онтогенезе и с закладкой базовых элементов структуры урожая. Некорневая подкормка в фазе всходов риса менее целесообразна, так как из-за слабо развитого фотосинтетического аппарата растений внесенные микроудобрения попадают в основном не на листья, а в воду. Неодинакова реакция растений по фазам вегетации и на различные микроэлементы. В фазе всходов растения риса отзывчивы только на молибден, медь

и цинк, в кушение и трубкование – на все изучаемые микроэлементы, особенно цинк и медь. Это свидетельствует о повышенной потребности растений в микроэлементах в период кушение-выметывания.

При некорневой подкормке растений в фазе всходов микроудобрения способствуют увеличению числа зерен в метелке, высоты растений и длины метелки, в кушение – продуктивной кустистости, высоты растений, длины метелки и числа зерен в ней, в трубкование – массы 1000 зерен, высоты растений, длины метелки. Подкормка микроэлементами растений в фазе выметывания снижает пустозерность метелки и повышает массу 1000 зерен, а проведенная в молочно-восковой спелости положительно отражается лишь на выполненности зерновок.

Наряду со сроком обработки, на эффективность некорневой подкормки существенно влияет доза микроэлемента. Наибольшая прибавка урожая по всем микроудобрениям отмечена при использовании рабочих растворов 0,1 %-ной концентрации (рис. 5). При обработке



бором и марганцем она составила 3,6-3,8 ц/га, кобальтом и молибденом – 4,6-4,9, медью и цинком – 5,1-5,4 ц/га. Положительное влияние кобальта, молибдена, меди и цинка на продуктивность риса устойчиво по годам. Действие бора и марганца менее стабильно, что связано с большей зависимостью содержания подвижных форм этих микроэлементов от погодных условий.

Некорневая подкормка микроэлементами способствует лучшему сохранению образовавшихся у риса боковых побегов и формированию ими метелок, о чем свидетельствует повышение продуктивной кустистости растений. Проведенная в фазе кущения растений, она положительно отражается и на количестве колосков в метелке. Однако, влияние различных микроэлементов на этот показатель структуры урожая неоднозначно. При обработке бором и марганцем количество колосков в метелке увеличивается на 1,8–2,9 %, кобальтом и молибденом – 4,5-5,3, медью – на 8,1 % по сравнению с контрольными растениями.

Под воздействием некорневой подкормки возрастает масса зерна с главной метелки и растения в целом. По сравнению с другими компонентами структуры урожая более существенно микроэлементами влияют на массу зерна с главной метелки и целого растения. Особенно активно воздействуют на эти признаки цинк и молибден. Действие других микроэлементов несколько уступает им. Микроэлементы значительно уменьшают пустозерность метелки. При некорневой подкормке растений бором пустозерность снижается на 3,0-3,4 %, кобальтом – на 2,8-3,3, молибденом – на 2,9-3,8, цинком – 2,8-4,6 и медью – на 3,7 %. Снижение пустозерности – один из основных показателей условий форми-

рования урожая при высоких уровнях питания растений. Положительное действие микроудобрений на этот важнейший показатель структуры урожая указывает на способ достижения желаемого эффекта. При некорневой подкормке растений молибденом и цинком наблюдается тенденция к увеличению массы 1000 зерен, не зависящая от использованных концентраций рабочих растворов. Медь, марганец и кобальт не влияют заметно на массу 1000 зерен, а действие бора проявляется только при использовании 0,1 %-ного раствора. Воздействие микроэлементов сказывается на соотношении зерна и соломы в биомассе: молибден несколько повышает, а кобальт, марганец, медь, цинк и, особенно, бор снижают это соотношение.

Некорневые подкормки растений, наряду с повышением урожая, улучшают некоторые показатели его качества. В частности, под действием молибдена, меди и кобальта заметно повышается содержание белка в зерне. Некорневая подкормка бором, цинком и марганцем благоприятствует накоплению крахмала в нем. Бор, кобальт, молибден и медь снижают количество золы в зерне, а цинк и марганец, наоборот, способствуют небольшому повышению. Марганец снижает трещиноватость зерновок на 1,5 %, бор, цинк и медь – на 0,5 %. При подкормке молибденом она увеличивается на 0,5 %. Кобальт на этот показатель не влияет. При некорневой подкормке любым микроэлементом увеличивается выход крупы. Бор, кобальт и медь снижают пленчатость зерна на 0,4-0,6 %, а молибден, цинк и марганец – на 1,0-1,2 %. При некорневой подкормке микроэлементами на 0,5-2,5 % повышается стекловидность зерна.

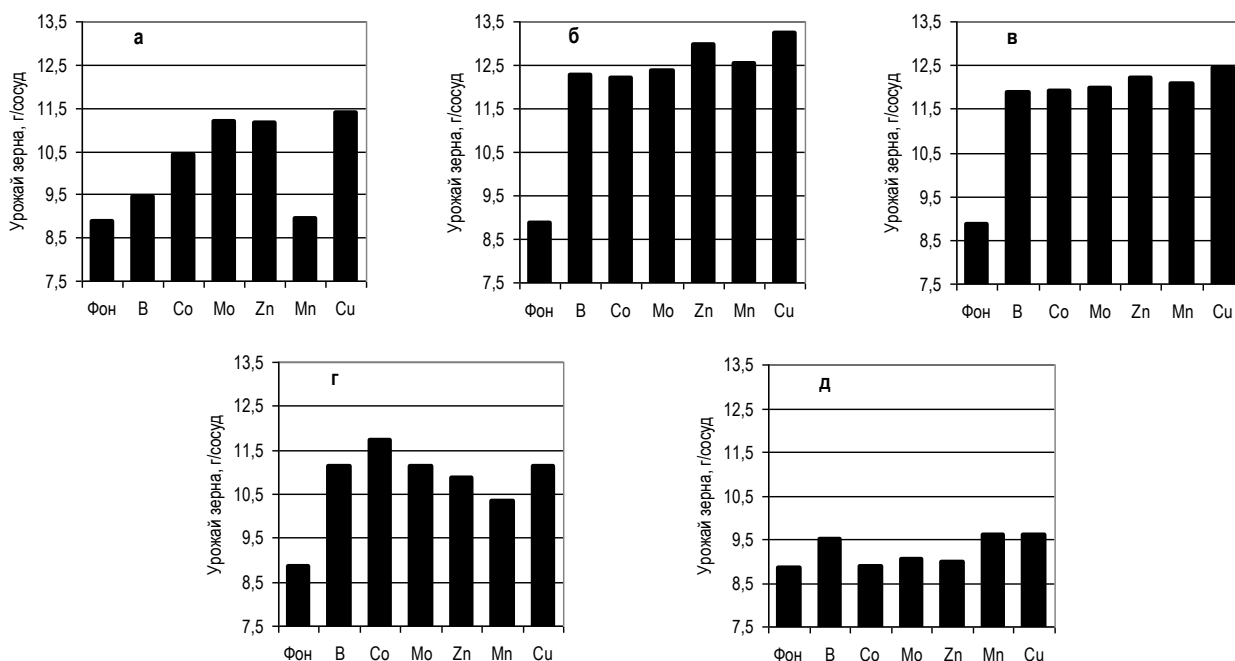


Рис. 4. Урожай зерна риса при некорневой подкормке растений микроэлементами в фазах: а – всходы; б – кущение; в – трубкование; г – выметывание; д – молочно-восковая спелость зерна

Некорневая подкормка растений микроэлементами влияет и на химический состав зерна риса. В частности, отмечена тенденция к возрастанию содержания в нем азота. За исключением цинка, микроэлементы повышают количество фосфора в зерне. Кобальт и медь положительно действуют на содержание калия, а бор и

марганец не влияют, цинк и молибден несколько уменьшают его. Все микроэлементы, внесенные с некорневой подкормкой растений, на содержание в зерне железа не влияют, уменьшают содержание кальция и повышают – магния. Количество бора, кобальта, молибдена, цинка, марганца и меди в зерне при некорне-

вой подкормке одноименным микроэлементом не- сколько возрастает.

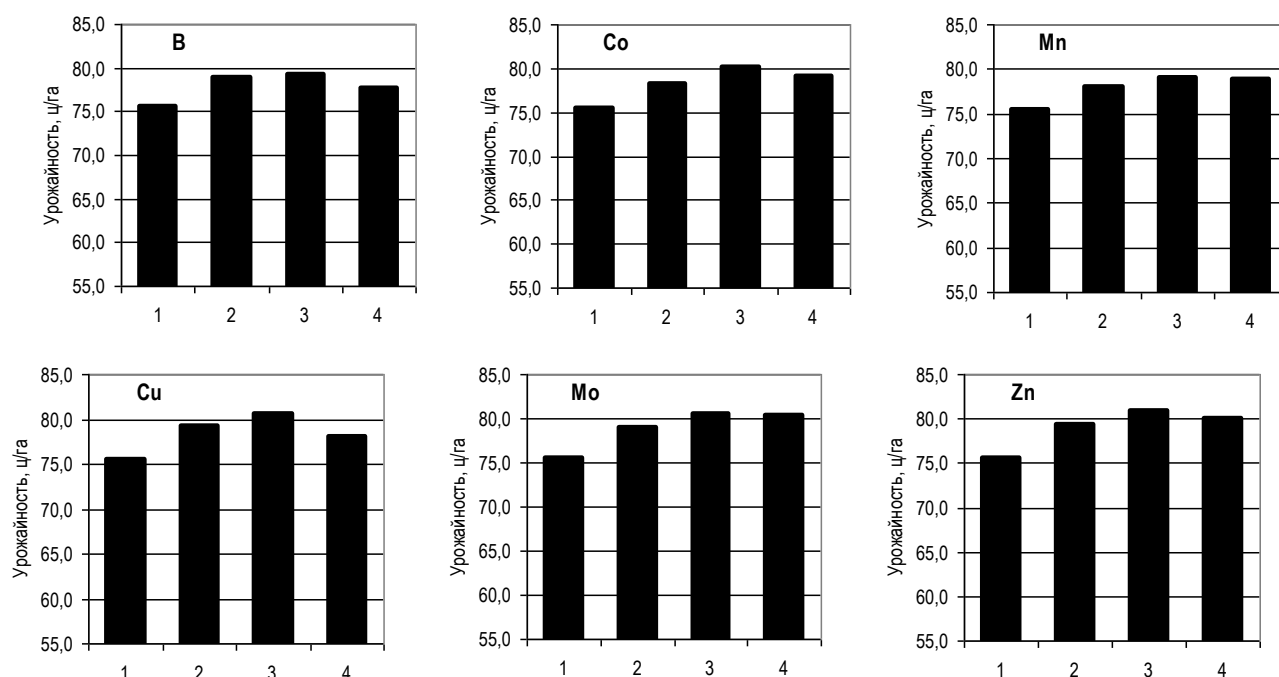


Рис. 5. Урожайность зерна риса при некорневой подкормке растений водными растворами микроэлементов:  
1 - 0%; 2 - 0,05%; 3 - 0,1 % ; 4 - 0,5 %

**Заключение.** Микроэлементы необходимы для жизнедеятельности растений риса. Их включение в систему удобрения должно стать необходимым, так как в условиях наукоемких технологий без этого невозможно получать высокие урожаи хорошего качества.

#### Литература

1. Шеуджен А.Х. Агрохимия и физиология питания риса / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2005. – 1012 с.

2. Шеуджен А.Х. Особенности микроэлементного режима почв рисовых полей / А.Х. Шеуджен, Х.Д. Хурум // Агрохимия.- 2006.- № 1.- С. 16–22.

3. Шеуджен А.Х. Содержание микроэлементов и формы их соединений в почвах рисовых полей Кубани / А.Х. Шеуджен, Е.М. Харитонов, Т.Н. Бондарева // Доклады Адыгской (Черкесской) международной академии наук, 2013. Т. 14.- № 2.- С. 159–164.

4. Шеуджен А.Х. Теория и практика применения микро- и ультра-микроудобрений в рисоводстве / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: Полиграф-ЮГ, 2016. – 380 с.

UDC: 631.81.095.337

## AGROCHEMISTRY OF MICROFERTILIZERS IN RICE GROWING

**A.Kh. Sheudzhen, All-Russian Rice Research Institute Belozerny, Krasnodar, 350921 Russia,  
Trubilin Kuban State Agrarian University ul. Kalinina 13, Krasnodar, 350044 Russia  
E-mail: a\_kh\_sheudjen@mail.ru**

*Inclusion of microelements into the system of rice fertilizing is a mandatory component of science-intensive technologies. The need for this technique is determined by insufficient contents of mobile microelements in paddy soils of the Krasnodar region (mg/kg): boron, 0.78–1.88; cobalt, 0.76–1.26; manganese, 42.6–64.2; copper, 4.11–6.71; molybdenum, 0.17–0.34; zinc, 0.64–1.88. Pre-sowing enrichment of rice seeds with microelements increases the grain yield by 2.4–6.7 dt/ha (3.3–9.0 %). The largest increase was due to the application of 0.5 % boron, cobalt, copper, and molybdenum working solutions and 1.0 % zinc and manganese solutions. At low concentrations of microelements in the soil, it is necessary to apply microfertilizers before sowing or during the emergence stage at rates of 2 kg/ha for boron, cobalt, and molybdenum 3 kg/ha for cuprum, and 4 kg/ha for zinc and manganese, which provides an increase in yield by 2.9–6.3 dt/ha. Foliar application of microelements to plants is advantageous to be carried out with 0.1% aqueous solutions during the rice tillering stage. This method will increase the crop yield by 3.6–5.4 dt/ha.*

**Keywords:** rice, microfertilizers, microelements, boron, cobalt, manganese, copper, molybdenum, zinc.