

mineral fertilizers increases the mobilization of soil nitrogen, while the straw of cereals slows it down. The intensity of nitrogen uptake and use by plants is genotypically determined. With an ammonium diet, the synthesis of amino acids in the root cells begins immediately after the contact of the roots with the soil solution. The nitrogen that entered the plant in the early stages of wheat development is less used for the synthesis of proteins in the grain than the nitrogen that entered in the later stages. Water erosion and acidification of soils increases the gaseous losses of nitrogen from fertilizers by 1.3-1.8 times and nitrogen from soil by 1.4-1.5 times. In the studies with  $^{15}\text{N}$  discovered that the main amount of nitrates in the crop is accumulated due to soil nitrogen (70-80% of the total amount).

Key words: heavy nitrogen isotope  $^{15}\text{N}$ ,  $^{15}\text{N}$  transformation in soil,  $^{15}\text{N}$  migration,  $^{15}\text{N}$  gaseous losses, nitrogen immobilization, nitrogen mineralization, consumption and use of fertilizer nitrogen and soil nitrogen by plants, fertilizer nitrogen balance, nitrogen fertilizer application technology, use of  $^{15}\text{N}$  deep layers of the soil profile, genotypic signs of  $^{15}\text{N}$  assimilation by plants, symbiotic and associative  $^{15}\text{N}$  fixation, assimilation and metabolism, cell pools of  $^{15}\text{N}$  compounds, transport of  $^{15}\text{N}$  in plants, long-term studies with  $^{15}\text{N}$ ,  $^{15}\text{N}$  and water erosion,  $^{15}\text{N}$  and acidification of chernozem, contamination of components (including products) with nitrogenous compounds.

УДК 633.18: 631.81.095.337

DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.11

## МЕДНЫЕ УДОБРЕНИЯ В РИСОВОМ АГРОЦЕНОЗЕ

**А.Х. Шеуджен<sup>1,2</sup>, ак. РАН, Т.Н. Бондарева<sup>1,2</sup>, к.с.-х.н., О.А. Гуторова<sup>1</sup>, д.с.-х.н., Я.Б. Петрик<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина

350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, e-mail: ashad.sheudzhen@mail.ru

<sup>2</sup>Федеральный научный центр риса, 350921, Россия, г. Краснодар, п. Белозерный, 3



Рассмотрена эффективность применения медных удобрений на посевах риса. Предпосевное обогащение семян медью способствует повышению их урожайности на 2,5-6,2 ц/га, выхода семян – на 1,3-2,1 %, коэффициента размножения семян – на 1,1-2,7 ед.; доли крупной и средней фракций в семенной массе, соответственно, на 3-7 и 11-13 %. Наилучший эффект достигается при обработке посевного материала 0,5%-ным водным раствором меди. Этот агроприем позволяет увеличить урожайность зерна и семян риса на 6,2 ц/га.

Ключевые слова: рис, медь, обработка семян, урожайность, фракционный состав семян, посевные качества семян.

Для публикации: Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., Гуторова О.А., Петрик Я.Б. Медные удобрения в рисовом агроценозе // Плодородие. – 2021. – №3. – С. 62-65. DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.11.

Технология возделывания риса на Кубани предусматривает прорастание семян в условиях затопления при незначительном их обеспечении кислородом. Хотя рис и приспособлен к прорастанию в таких условиях, однако длительное нахождение проростков под слоем воды вызывает их гибель. Скорость прорастания семян находится в тесной зависимости от температуры окружающей среды, поэтому очень часто низкие температуры весной замедляют темпы роста проростков, что ведет к массовой их гибели. Полевая всхожесть в лучшем случае составляет 30-40 %. В дальнейшем, значительная часть ослабленных проростков погибает или имеет замедленные темпы роста, что существенно сказывается на продуктивности посевов [3]. Наилучший результат в устранении этой проблемы достигается при обогащении посевного материала микроэлементами [4, 6, 9]. Этот агроприем позволяет повысить полевую всхо-

жесть семян риса на 5-7 %, снизить полегаемость растений на 20-30, стерильность колосков на 2-4, увеличить коэффициенты использования элементов питания из удобрений в среднем на 5-10 %, повысить устойчивость растений к неблагоприятным факторам окружающей среды [7, 10]. Предпосевная обработка семян риса различными микроэлементами повышает урожайность зерна в среднем на 4,5-7,0 ц/га. Наиболее эффективные концентрации рабочего раствора: для бора, кобальта, молибдена, меди – 0,5 %, для цинка и марганца – 1,0 %. Использование таких концентраций обеспечивает получение стабильных по годам прибавок урожая, хотя в отдельные годы не исключена возможность высокой эффективности других концентраций [7].

Почвы Кубани, в том числе рисосеющих районов, содержат достаточное для жизнедеятельности растений количество микроэлементов. Однако при длительном

возделывании риса значительно изменяются физические и химические характеристики почвы, усиливаются подвижность и вынос биогенных элементов растениями. В связи с этим у риса в ряде случаев отмечается физиологическая недостаточность, обусловленная отсутствием или низким содержанием ряда элементов питания, к числу которых относится и медь [8].

Наибольшую эффективность на семеноводческих посевах риса проявляют медные удобрения. Медь входит в состав ряда ферментов у растений и повышает их активность, положительно влияет на азотный и фосфорный обмены, накопление фотосинтезирующих пигментов, поглощение биогенных элементов, интенсивность и продуктивность фотосинтеза, стимулирует дыхание, повышает устойчивость растительного организма к неблагоприятным условиям среды [1, 2, 7]. Оценивая почвы по содержанию подвижной меди, следует отметить, что практически все они низко и средне обеспечены этим элементом. Это связано с ежегодным её отчуждением с урожаем и вымыванием из верхних слоев почвы со сбросными и фильтрационными водами [8].

Цель нашей работы – оценить эффективность предпосевной обработки семян риса медью, обеспечивающей повышение их урожайности и качества.

**Методика.** Полевые эксперименты проводились на лугово-черноземной почве рисовой оросительной системы ООО «Адыгейский научно-технический центр по рису» в Тахтамукайском районе Республики Адыгея. Агротехника риса – общепринятая, согласно рекомендациям ФНЦ риса [5]. Полевые опыты закладывали на фоне  $N_{120}P_{80}K_{60}$ . Агрохимическая характеристика лугово-черноземной почвы (0-20 см): содержание гумуса 3,7-4,5 %, азота общего 0,29-0,31 %, фосфора общего 0,15-0,20 %, фосфора подвижного 40-60 мг/кг, калия общего 1,20-1,70 %, калия обменного 200-270 мг/кг [7]. Содержание подвижной меди в почве составляло 4,8 мг/кг (1 н. HCl), что характеризовало её как среднеобеспеченную для растений этим микроэлементом [8]. Учитывая это, предпосевную обработку семян риса водным раствором меди проводили в концентрациях: контроль (вода); 0,05; 0,5; 1,0 %. Их действие оценивали по полученной урожайности риса. Исследования сопровождали определением фракционного состава и посевных качеств семян, а также качества зерна риса.

**Результаты и их обсуждение.** Предпосевная обработка семян риса медью способствовала увеличению продуктивности рисового агроценоза. Величина урожайности зерна риса по годам исследований колебалась в пределах 6,40-7,14 т/га и в среднем за 4 года составила 6,80 т/га (рис. 1).

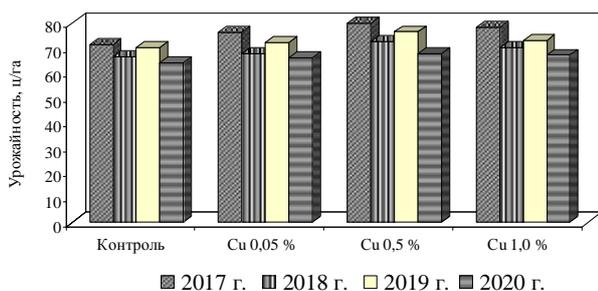


Рис. 1. Урожайность зерна риса при посеве семенами, обогащенными медью ( $HCP_{05(2017)} = 5,2$ ,  $HCP_{05(2018)} = 3,6$ ,  $HCP_{05(2019)} = 2,8$ ;  $HCP_{05(2020)} = 3,1$  ц/га)

По результатам четырех лет исследований установлено, что предпосевная обработка семян медью позитивно воздействовала на урожайность риса, что зависело от концентрации водного раствора микроэлемента. Величина прибавки зерна колебалась от 2,65 до 6,22 ц/га, что составляло 3,90-9,15 % относительно контрольного варианта. Максимальный прирост урожая (6,22 ц/га) отмечен в варианте, где посевной материал обрабатывали 0,5 %-ным водным раствором меди полусухим способом.

Различия в урожайности зерна риса отразились на изменении показателей и структуры урожая. Обогащенные высеваемых семян риса медью способствовало лучшему росту и развитию растений и, в определенной мере, формированию более крупной по линейным размерам метелки. Опытные растения, выросшие из семян, обработанных 0,5 %-ным раствором меди, превосходили контроль по высоте на 9,8 см, или на 11,4 %. Метелка у этих растений была длиннее контроля на 1,1 см, или на 6,9 %. Это объясняется тем, что данный агроприем благоприятствует формированию хорошо развитых проростков, которые в ходе вегетации опережают в своем развитии контрольные. Медь, поглощенная семенами в процессе их обработки, участвует в метаболизме, начиная с момента инициации ростовых процессов в зародыше и влияет на их ход [7].

Анализ структуры урожая показал, что при посеве обогащенными медью семенами урожайность риса возрастала вследствие увеличения числа колосков и зерен в метелке, повышения массы зерна с одного растения и массы 1000 зерен, а также уменьшения числа стерильных колосков в метелке. Положительное влияние отмечено при предпосевной обработке семян риса 0,5 %-ным водным раствором микроэлемента. В этом варианте число зерен на главной метелке повышалось на 13,1, масса зерна – на 0,12 г, а пустозерность снижалась на 1,1 %, при этом увеличивались масса зерна и соломы с одного растения, соответственно, на 0,49 и 0,40 г и масса 1000 зерен на 1,7 г.

Оптимизация питания растений риса медью положительно отразилась на биохимических показателях качества зерна (рис. 2). Медь, участвуя в белковом и нуклеиновом обменах, оказывает положительное влияние на накопление белка в зерновках риса. В зависимости от концентрации водного раствора микроэлемента, использованного для предпосевной обработки семян, содержание белка в зерновках риса возрастало на 0,12-0,24 % по сравнению с контролем. Максимальная белковость зерна наблюдалась в варианте, где посевной материал обрабатывали 0,5%-ным водным раствором меди полусухим способом (10 л рабочего раствора на 1 т семян риса).

Медь, входя в состав фермента полифенолоксидазы и низкомолекулярного белка пластоцианина, принимает непосредственное участие в углеводном обмене растений [7]. Это объясняет положительное влияние предпосевного обогащения семян риса этим микроэлементом на содержание крахмала в зерновках, которое возросло при обработке посевного материала на 0,8-1,4 %. Увеличение основных компонентов зерновок риса – белка и амилозы – произошло за счет уменьшения их плечатости. Этот показатель от данного агроприема снизился на 0,4-0,8 %.

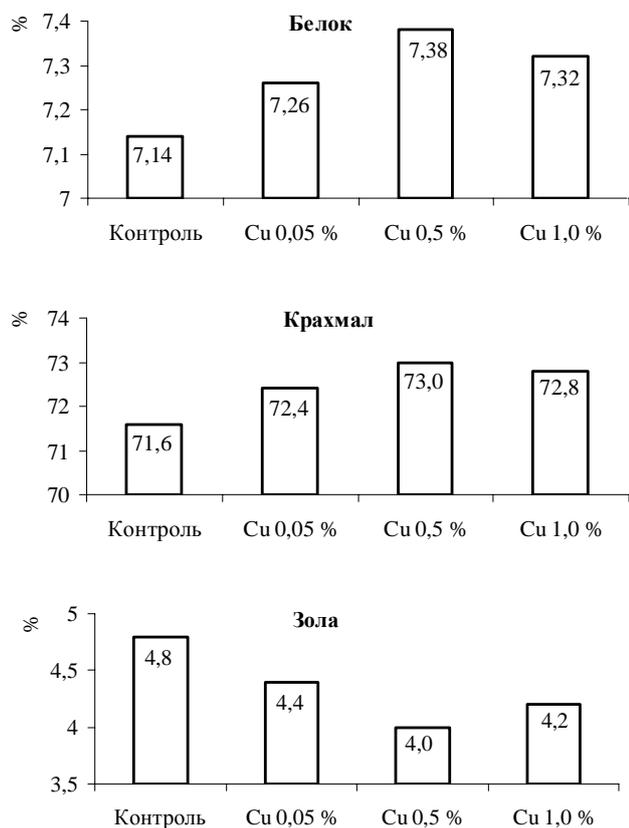


Рис. 2. Биохимические показатели качества зерна риса

Включение меди в систему удобрения риса способствует увеличению не только зерновой продуктивности растений, но и урожайности семян (рис. 3).

При предпосевной обработке посевного материала медью в зависимости от концентрации водного раствора микроэлемента урожайность семян увеличилась на 2,5-6,2 ц/га по сравнению с контролем. Вместе с тем возрастал выход семян на 1,3-2,1 %. Наиболее высокими значениями характеризовались семена, полученные в варианте, где посевной материал обрабатывался 0,5 %-ным водным раствором меди из расчета 10 л/т. В этом варианте отмечался самый высокий коэффициент размножения семян, который превосходил контроль на 2,7 ед.

В семенной массе, полученной на делянках контрольного варианта, все три фракции были примерно в равных количествах – 23 % крупной, 40 % средней и 37 % мелкой (рис. 4). В зависимости от концентрации водного раствора микроэлемента, использованного при обработке посевного материала, доля крупной и средней фракций в полученных семенах возросла на 3-7 и 11-13 % соответственно. Содержание мелкой фракции в семенной массе под воздействием меди снизилось на 14-20 %. Следовательно, обработка семян медью положительно сказывается на формировании более крупной фракции, о чем свидетельствует снижение доли мелкой фракции в семенной массе.

Посевные качества каждой фракции семян риса показали, что энергия прорастания выше у крупной фракции, чем у средней и мелкой, а у семян средней фракции выше, чем у мелкой – разница между ними составляет 1,5 %, а между крупной и мелкой – 3,0 % (рис. 5).

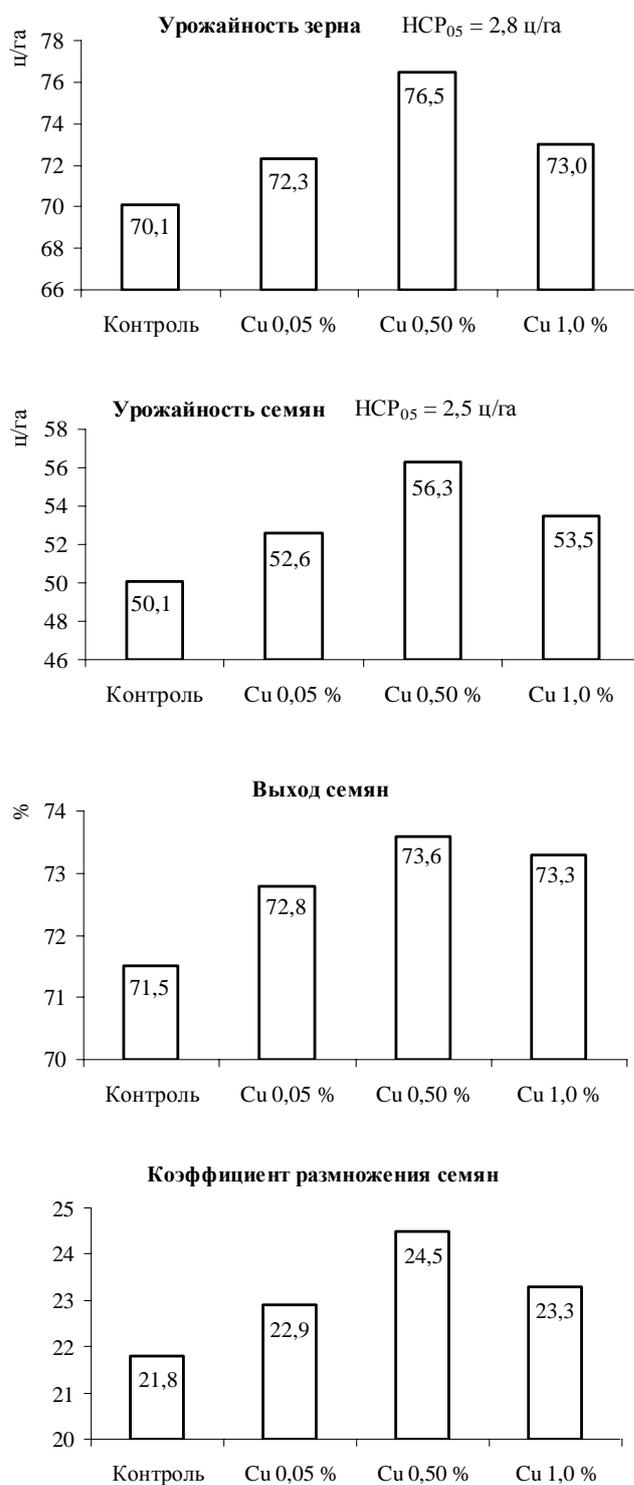


Рис. 3. Урожайность и выход семян риса при обработке посевного материала медью

При обработке посевного материала медью энергия прорастания возрастала у семян крупной, средней и мелкой фракций на 3,5-8,0; 2,0-6,5 и 2,5-6,0 % соответственно. Наибольшие значения этого показателя характерны для семян, обработанных 0,5%-ным водным раствором меди. Обработка посевного материала такой же концентрацией повлияла и на увеличение всхожести семян крупной, средней и мелкой фракций на 1,0; 1,5; и 2,0 % соответственно.

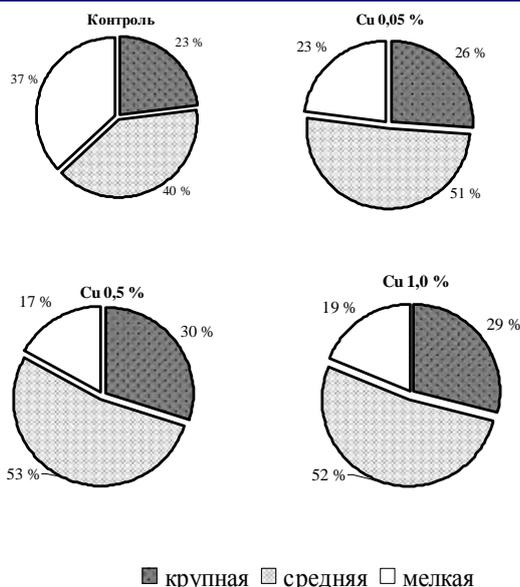


Рис. 4. Фракционный состав семян риса, полученных при обработке посевного материала медью

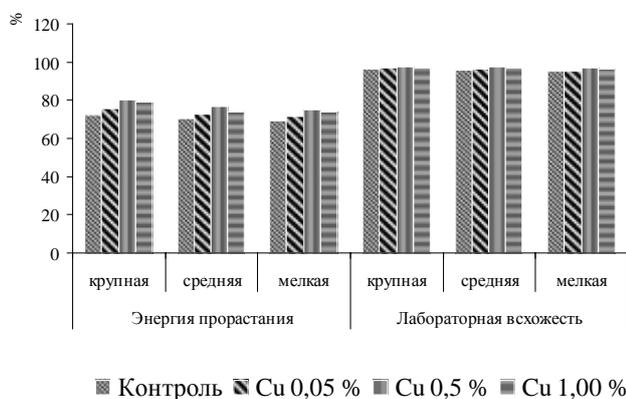


Рис. 5. Энергия прорастания и всхожесть семян риса, полученных при обработке посевного материала медью (НСР<sub>05</sub>(энергия прорастания по фракциям семян: крупная, средняя, мелкая) = 3,5; 2,0; 2,5 %; НСР<sub>05</sub>(всхожесть по фракциям семян: крупная, средняя, мелкая) = 1,0; 1,5; 2,0 %)

Фракции семян риса различались по силе роста – числу проростков, длине корешка, высоте ростка и сухой их массе. Максимальное число проростков в контрольных вариантах получено из семян крупной фракции, где из 100 семян образовывалось 83,5 у семян средней и мелкой фракций их число было меньше на 2,5 и 9,0 соответственно. Различия по длине корешка, высоте ростка, сухой массе корешка у проростков, выросших из семян крупной и средней фракций составля-

ли 0,5 и 0,8 см, 0,2 и 0,1 мг, а из семян крупной и мелкой фракций – 1,1 и 2,1 см, 0,4 и 0,2 мг соответственно.

Обогащение семян риса медью хорошо отразилось на всех показателях силы роста. У семян крупной фракции число проростков, длина корешка, высота ростка, сухая масса ростка и корешка под воздействием этого микроэлемента возросли на 1,5-4,5 шт/100 семян; 2,5-4,9 см; 1,5-4,0 см; 0,2-0,5 и 0,1-0,3 г; средней фракции – на 2,5-7,0 шт/100 семян; 1,7-4,6 см; 2,2-4,3 см; 0,2-0,6 г и 0,1-0,3 г; мелкой фракции – на 3,5-9,0 шт/100 семян; 1,6-3,8 см; 2,2-4,4 см; 0,3-0,7 и 0,1-0,2 г соответственно. Максимальные значения показателей силы роста, независимо от фракции, получены из семян, обработанных 0,5 %-ным раствором меди полусухими методом (10 л рабочего раствора на 1 т семян).

**Заключение.** Предпосевное обогащение семян риса медью положительно влияет на урожайность и посевные их качества. Урожайность семян увеличивается на 2,5-6,2 ц/га, выход семян – на 1,3-2,1 %, коэффициент размножения семян – на 1,1-2,7 ед., доля крупной и средней фракций в семенной массе – на 3-7 и 11-13 %. Энергия прорастания, лабораторная всхожесть и показатели силы роста фракций семян риса характеризуются наибольшими величинами по сравнению с посевами, необработанными медью. Наилучший эффект достигается при обработке посевного материала 0,5 %-ным водным раствором меди.

#### Литература

- Алешин Е.П. Влияние микроэлементов на продуктивность риса / Е.П. Алешин, А.Д. Порохня // Бюл. НТИ ВНИИ риса. – 1970. – Вып. 3. – С. 29–32.
- Бобренко И.А. Эффективность обработки семян микроэлементами (Cu, Mn, Zn) при возделывании озимой пшеницы в условиях лесостепи Западной Сибири / И.А. Бобренко, Н.В. Гоман, В.И. Попова // Омский научный вестник. – 2014. – № 1 (128). – С. 107–111.
- Ерыгин П.С. Физиология риса / П.С. Ерыгин. – М.: Колос, 1981. – 208 с.
- Подколзин О.А. Влияние хелатных форм меди и цинка на урожайность и качество растений риса в условиях Кубани / О.А. Подколзин, И.А. Лебедевский, С.В. Еспенко, М.А. Перепелин, Ю.В. Хорькова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 86. – С. 97–107.
- Система рисоводства Краснодарского края / Под общ. ред. Е.М. Харитоновой. – Краснодар: ВНИИ риса, 2011. – 316 с.
- Хурум Х.Д. Микроэлементы в рисоводстве / Х.Д. Хурум. – М., 2005. – 170 с.
- Шеуджен А.Х. Агрохимия и физиология питания риса / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2005. – 1012 с.
- Шеуджен А.Х. Агрохимия меди в рисовом агроценозе: монография / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, О. А. Гуторова, Я.Б. Петрик. – Майкоп: ОАО «Полиграф-Юг», 2021. – 141 с.
- Шеуджен А.Х. Теория и практика применения микро- и ультрамикроудобрений в рисоводстве / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: «Полиграф-Юг», 2016. – 380 с.

UDC 633.18: 631.81.095.337

DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.11

### COPPER FERTILIZERS IN RICE AGROCENOSIS

A.Kh. Sheudzen<sup>1,2</sup>, T.N. Bondareva<sup>1,2</sup>, O.A. Gutorova<sup>1</sup>, Ya.B. Petrik<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Kalinina ul. 13, 350044 Krasnodar, Russia, e-mail: ashad.sheudzen@mail.ru;

<sup>2</sup> Federal Scientific Rice Centre, Belozerniy settl. 3, 350921 Krasnodar, Russia

The effectiveness of copper fertilizers use on rice crops is considered. Pre-sowing enrichment of seeds with copper contributes increases their yield by 0.25-0.62 t/ha, seed yield – by 1.3-2.1%; seed multiplication factor – by 1.1-2.7 units; the share of large and medium fractions in the seed mass – by 3-7 and 11-13%. The best effect is achieved when the seed is treated with a 0.5% aqueous solution of copper. This technique allows to increase the yield of grain and rice seeds by 0.62 t/ha.

Key words: rice, copper, seed treatment, yield, fractional composition of seeds, sowing quality of seeds.