

Tratamento de Sementes e Uso de Micronutrientes na Adubação de Arroz Irrigado





Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1981-5980

Outubro, 2008

versão
ON LINE

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 69

Tratamento de Sementes e Uso de Micronutrientes na Adubação de Arroz Irrigado

Walkyria Bueno Scivittaro
Giovani Theisen
Daiana Ribeiro Nunes Gonçalves
Marcos Lima Campos do Vale
Juliana Aguilar Fuhrmann Braun

Pelotas, RS
2008

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado
Endereço: BR 392 km 78
Caixa Postal 403, CEP 96001-970 - Pelotas, RS
Fone: (53) 3275-8199
Fax: (53) 3275-8219 - 3275-8221
Home page: www.cpact.embrapa.br
E-mail: sac@cpact.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Walkyria Bueno Scivittaro
Secretária-Executiva: Joseane M. Lopes Garcia
Membros: Cláudio Alberto Souza da Silva, Lígia Margareth Cantarelli Pegoraro, Isabel Helena Verneti Azambuja, Luís Antônio Suita de Castro
Suplentes: Daniela Lopes Leite e Luís Eduardo Corrêa Antunes

Revisor de texto: Sadi Macedo Sapper
Normalização bibliográfica: Regina das Graças Vasconcelos dos Santos
Editoração eletrônica: Oscar Castro

1a edição
1a impressão (2008): 50 exemplares

Todos os direitos reservados
A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Tratamento de sementes e uso de micronutrientes na adubação de arroz irrigado / *Walkyria Bueno Scivittaro* ... [et al.]. -- Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008.
28 p. — (Embrapa Clima Temperado. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 69).

ISSN 1678-2518

Arroz irrigado - Semente - Adubo - Micronutriente - Fonte - Estado nutricional - Produtividade. I. *Scivittaro, Walkyria Bueno*. II. Série.

CDD 633.18

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	13
Resultados e Discussão	17
Conclusões	25
Referências	26

Tratamento de Sementes e Uso de Micronutrientes na Adubação de Arroz Irrigado

Walkyria Bueno Scivittaro¹
Giovani Theisen²
Daiana Ribeiro Nunes Gonçalves³
Marcos Lima Campos do Vale⁴
Juliana Aguilar Fuhrmann Braun⁵

Resumo

O estabelecimento do manejo da adubação para o arroz irrigado deve considerar a suficiência e o equilíbrio entre os nutrientes no meio de cultivo. Assim, as recomendações para a cultura devem prever, além do fornecimento dos macronutrientes primários (nitrogênio, fósforo e potássio), a correção do solo e a aplicação de enxofre, micronutrientes e nutrientes benéficos. Realizou-se um experimento como objetivo de avaliar o efeito do uso de fonte mista contendo enxofre (S), silício (Si), zinco (Zn), boro (B), cobre (Cu) e manganês (Mn), via solo, bem como

¹Eng. Agrôn., Dra, Embrapa Clima Temperado, BR 392 km 78 Cx. Postal 403 CEP 96001-970-Pelotas, RS. (wbscivit@cpact.embrapa.br)

² Eng. Agrôn. MSc., Embrapa Clima Temperado, BR 392 km 78, Cx. Postal 403 CEP 96001-970 Pelotas, RS. (givani@cpact.embrapa.br) on

³Eng. Agrôn., mestranda do curso de Solos da FAEM-UFPel, Campus Universitário Cx. Postal 354 CEP 90010-900-Pelotas, RS. Bolsista da Fapeg.

⁴Acadêmico do curso de Agronomia da FAEM-UFPel, Cx. Postal 354, CEP 96010-900 Pelotas, RS. BIC da FAPERGS.

⁵Química, MSc., pesquisadora do convênio Petrobras/Embrapa/FAPEG, BR 392 km 78 Cx. Postal 403 CEP 96001-970 Pelotas, RS. (julianab@cpact.embrapa.br)

do tratamento de sementes com produto contendo nitrogênio (N), zinco e cobalto (Co), como complementos à adubação do arroz. O experimento foi realizado na safra agrícola 2006/07, em Planossolo Háplico, em Capão do Leão, RS. Os tratamentos incluíram a variação nas adubações fosfatada e potássica, associada à aplicação de fonte mista de S, Si, Zn, B, Cu e Mn, via solo, e/ou ao tratamento de sementes com produto contendo N, Zn e Co. Para fins de comparação, incluiu-se um tratamento testemunha, com omissão do uso de fósforo e de potássio, e um tratamento controle, com a aplicação da dose recomendada de fósforo e de potássio, acrescida de fontes simples de boro, zinco, cobre e molibdênio, via solo. Os tratamentos foram dispostos em delineamento blocos ao acaso, com quatro repetições. O tratamento de sementes com produto contendo N, Zn e Co proporcionou maior vigor inicial às plantas de arroz. A aplicação de fonte mista de S, Si, Zn, B, Cu e Mn, associada às adubações fosfatada e potássica, promoveu aumento em produtividade ao arroz irrigado. O uso de micronutrientes beneficiou o rendimento de grãos inteiros.

Termos para indexação: arroz irrigado, adubo, micronutriente, fonte, estado nutricional, produtividade.

Seed Treatment and Micronutrients Use in Lowland Rice Fertilization

Abstract

Lowland rice fertilization management should consider the sufficiency and the equilibrium among nutrients in the growth medium. Therefore, lowland rice fertilizer indication should consider both supplying of primary macronutrients (nitrogen, phosphorus and potassium) and lime, micronutrients and beneficial nutrients use. An experiment was carried out on a Planossolo Háplico (Albaqualf), from November of 2006 to April of 2007, to evaluate the effect of the application to the soil of a product containing sulphur, silicium, zinc, boron, copper and manganese and/or of seed treatment with a product containing nitrogen, zinc and cobalt, as complementary fertilization to lowland rice. Two additional treatments were included: a control treatment with no phosphorus and potassium fertilization, and a treatment with the use of the recommended dose of phosphorus and potassium associated to the soil application of single sources of borum, zinc, copper and molybdenum. The experimental design was a randomized complete block with four replications. The results indicate that seed treated with a product containing N, Zn and Co improves initial vigor of rice seedlings. The use of a blended source containing S, Si,

Zn, B Cu and Mn, combined to the phosphorus and potassium fertilization, increased rice yield. Micronutrients use in rice fertilization improves milling yield (whole grains).

Index terms: lowland rice, fertilizer, micronutrient, source, nutritional state, grain yield.

Introdução

Produzido e consumido em todos os continentes, o arroz destaca-se pelo volume de produção e área de cultivo, sendo considerado a cultura alimentícia de maior importância econômica para vários países em desenvolvimento. Atualmente, o arroz é a cultura com maior potencial de aumento de produção e, possivelmente, de combate à fome no mundo. Em decorrência, desempenha papel estratégico na solução de questões de segurança alimentar.

O Brasil, oitavo produtor mundial do cereal, tem no Rio Grande do Sul a base de sustentação da produção nacional. Das várzeas gaúchas, representando cerca de 32% da área cultivada, saíram, na safra 2006/07, cerca de 57% da produção nacional de arroz, com uma produtividade média de 6,7 t ha⁻¹.

O bom desempenho da orizicultura gaúcha é fruto de uma safra favorecida pelo clima, mas também da pertinência das tecnologias de cultivo adotadas. É a resposta positiva aos esforços empreendidos pela pesquisa, através do lançamento de novos cultivares e do aprimoramento no manejo da cultura. No entanto, tais esforços ainda precisam ser intensificados, de forma a viabilizar a expressão do potencial produtivo dos cultivares disponíveis, minimizar as lacunas de produtividade existentes e garantir competitividade do produto no mercado internacional.

Nesse sentido, a adequação do manejo de nutrientes desponta como aspecto preponderante, visto ser a adubação o fator isolado com capacidade de proporcionar maior retorno em produtividade ao arroz irrigado. Apesar desse fato, os investimentos em fertilizantes para a cultura ainda são

pequenos; o gasto médio com fertilizantes no Estado do Rio Grande do Sul é inferior a 10% do custo de produção.

Para o estabelecimento do manejo da adubação para o arroz, devem ser considerados a suficiência e o equilíbrio entre os nutrientes no meio de cultivo. Com base neste princípio, as recomendações para a cultura devem prever, além do fornecimento dos macronutrientes primários (nitrogênio, fósforo e potássio), a correção do solo e, quando pertinente, a aplicação de enxofre, micronutrientes e nutrientes benéficos à cultura, como o silício.

As bases técnicas e indicações de correção do solo e de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica para o arroz irrigado são apresentadas e amplamente discutidas nas publicações: Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004) e Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil (SOSBAI, 2007). Porém, ainda cabe o aprofundamento e aprimoramento das pesquisas envolvendo a aplicação de enxofre, micronutrientes e elementos benéficos.

A indicação de aplicação de enxofre para o arroz irrigado destina-se, prioritariamente, para cultivos estabelecidos em solos afastados de regiões industriais, com baixos teores de matéria orgânica e de argila e com teores de enxofre extraível com fosfato de cálcio (500 mg L^{-1}) menor que 10 mg dm^{-3} . Nestas situações, sugere-se utilizar fontes de nutrientes contendo enxofre até um máximo 20 kg ha^{-1} (SOSBAI, 2007).

Especificamente com relação aos micronutrientes, as pesquisas realizadas até o momento no Rio Grande do Sul indicam que os solos arroseiros são, em geral, bem providos destes. Isto porque os experimentos realizados mostraram resposta positiva limitada à aplicação de micronutrientes na cultura do arroz irrigado. Deve-se ressaltar, contudo, que os experimentos

foram poucos e, de certa forma, ainda superficiais. O zinco foi o nutriente que recebeu maior atenção da pesquisa, mas também foram realizados alguns experimentos com boro, cobre, ferro, manganês e molibdênio.

Os efeitos imediato e residual, decorrentes da aplicação de calcário e zinco na cultura do arroz, foram avaliados por MACHADO et al. (1983), em experimento realizado em Planossolo, em duas safras consecutivas. No primeiro cultivo, os resultados mostraram resposta à aplicação de zinco somente na ausência de calcário, contrariando a hipótese que preconiza melhor resposta à adição de zinco quando se eleva o pH e o teor de Ca+Mg do solo, conforme observaram DE DATTA (1978); CHANG (1978) e YOSHIDA (1981). Na segunda safra, não houve efeito residual de ambos os insumos.

Em experimentos realizados com arroz irrigado, em dois locais situados sobre Planossolo, LOPES et al. (1985) analisaram o efeito da aplicação de boro e de cobre (via semente) e de zinco por diferentes métodos (via semente, diretamente no solo ou através de pulverização foliar). Os resultados obtidos não demonstraram benefício da aplicação desses micronutrientes sobre a produtividade do arroz.

A prática da sistematização, visando ao aplainamento do solo, que vem se difundindo nas áreas arrozeiras, especialmente para o sistema pré-germinado, pode provocar o aparecimento de manchas de solo com deficiências de micronutrientes, especialmente quando ocorrem cortes profundos da camada superficial do solo. Nesses casos, é recomendável acompanhar o desenvolvimento da cultura e, se constatada a ocorrência dessas manchas, deve-se proceder ao seu mapeamento e procurar corrigir o problema. A correção pode ser realizada ainda durante a safra, através de pulverização foliar com fontes dos micronutrientes envolvidos, ou na safra seguinte, aplicando-os diretamente no solo, antes da semeadura.

Estudos sobre adubação foliar com micronutrientes em cultivos de arroz irrigado, realizados em áreas sistematizadas do Rio Grande do Sul (REZER et al., 1997; MARCHEZAN et al., 1999), não indicaram, porém, efeito da aplicação de boro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco sobre a produtividade da cultura.

Em síntese, a decisão de aplicar micronutrientes exige cautela e não deve ser generalizada, tendo em vista que o intervalo entre as condições de deficiência e de toxidez é bastante estreito. No entanto, nas lavouras em que for constatada a deficiência de micronutrientes, justifica-se a aplicação de produtos contendo esses elementos, com base em orientação técnica especializada. Recomenda-se a utilização da análise de tecido vegetal como instrumento de auxílio na identificação de problemas nutricionais.

Em decorrência do processo de dessilicatização, os solos desenvolvidos em regiões tropicais e subtropicais podem apresentar baixos teores de silício disponível às plantas. Nessas condições, a adubação com este elemento pode concorrer para elevar a produtividade de culturas, como o arroz, principalmente pelo aumento da resistência destas ao ataque de pragas e doenças e ao acamamento.

Desde 1955, orizicultores japoneses vêm sustentando altos rendimentos de arroz irrigado. Este sucesso, em grande parte, é devido à utilização do manejo integrado de nutrientes, que inclui o uso de silício (IRRI, 1993). Aumentos em produtividade da ordem de 10% são comuns; todavia, quando ocorre ataque mais severo de doenças, os acréscimos em produtividade podem atingir 30% (YOSHIDA, 1981). A percentagem de grãos inteiros de arroz também é influenciada pela aplicação de silício. Segundo KANG et al. (1997), esta percentagem aumentou em 7,5% quando o nutriente foi utilizado na adubação, comparativamente àquela decorrente exclusivamente da aplicação de NPK.

KORNDÖRFER et al. (2001), trabalhando com arroz irrigado na Flórida (EUA), verificaram efeito positivo da aplicação de silício em 19 de um total de 28 ensaios de campo. Quando consideraram somente os locais com resposta ao silício, o aumento de produtividade do arroz foi de 1,0 t ha⁻¹.

Em função do exposto, realizou-se um experimento como objetivo de avaliar o efeito do uso de fontes de enxofre, silício, zinco e boro, via solo, bem como do tratamento de sementes com produto contendo nitrogênio, zinco e cobalto, como complemento à adubação do arroz irrigado.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na safra agrícola 2006/07, em Planossolo Háplico (SISTEMA, 2006), na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, município de Capão do Leão, RS. Os resultados da análise química do solo, por ocasião da implantação do experimento, encontram-se descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise química do solo¹ da área experimental, na camada de 0-20 cm, por ocasião da instalação do experimento.

pH água	Índice SMP	M.O.	P	K	Al	Ca+Mg	Argila
		g dm ⁻³	---- mg dm ⁻³ ---	---	---- mmol _c dm ⁻³ ----	----	g dm ⁻³
5,4	5,8	19	7,8	41	2,0	36,0	200

¹TEDESCO et al. (1995).

A partir dos resultados da análise de solo, dispensou-se a realização de calagem e definiram-se as doses recomendadas de nitrogênio, fósforo e potássio para a cultura do arroz irrigado, considerando-se o sistema de semeadura em solo seco e uma expectativa de produtividade superior a 9 t ha⁻¹, quais sejam: 120 kg ha⁻¹ de N; 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹

de K_2O (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004; SOSBAI, 2005).

Anteriormente à semeadura, demarcaram-se as parcelas experimentais, com dimensões 2,0m x 5,0m, as quais foram individualizadas, por meio de taipas de base estreita, para evitar possíveis contaminações entre os tratamentos.

Os tratamentos, em número de sete, foram dispostos em delineamento blocos ao acaso, com quatro repetições. Estes incluíram variação nas adubações fosfatada e potássica, associada à aplicação, via solo, de fonte mista contendo 2% de B, 1% de Cu, 1% de Mn, 6% de Zn, 10% de S e 10% de Si e/ou ao tratamento de sementes com produto contendo 5% de N, 8,5% de Zn e 0,02% de Co. Para fins de comparação, incluiu-se um tratamento testemunha, com omissão do uso de fósforo e de potássio, e um tratamento controle, com a aplicação da dose recomendada de fósforo e potássio (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO; COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004; SOSBAI, 2005), combinada ao uso de fontes simples de boro, zinco, cobre e molibdênio, via solo. A descrição detalhada dos tratamentos avaliados é apresentada na Tabela 2.

Como fontes de fósforo e de potássio, utilizaram-se, respectivamente, superfosfato triplo e cloreto de potássio. A fonte mista de nutrientes (B - 2%; Cu - 1%; Mn - 1%; Zn - 6%; 10% de S e Si - 10%) foi aplicada imediatamente antes da semeadura do arroz, via solo, juntamente com os fertilizantes fosfatado e potássico, na dose de 50 kg ha⁻¹. O tratamento de sementes foi realizado com produto com densidade de 1,19 g cm⁻³, contendo 5% de N; 8,5% de Zn e 0,02% de Co, na quantidade de 2 mL kg⁻¹ de sementes. O tratamento com fontes simples de micronutrientes foi aplicado simultaneamente às adubações fosfatada e potássica, em pré-semeadura, utilizando-se as seguintes fontes e doses de nutrientes: B (ácido bórico - 13 kg ha⁻¹); Cu (sulfato de cobre - 10 kg ha⁻¹); Zn (sulfato de zinco - 5 kg ha⁻¹) e Mo (molibdato de amônio - 0,5 kg ha⁻¹).

Tabela 2. Descrição dos tratamentos avaliados.

Tratamento	Descrição
T1	Testemunha sem P e K na semeadura, com N em cobertura
T2	Dose recomendada de NPK (NPK) ¹
T3	NPK + fonte mista dos nutrientes B, Cu, Mn, Zn, S e Si (via solo) ²
T4	NPK + tratamento de sementes com fonte de N, Zn e Co ³
T5	NPK + fonte mista de nutrientes ² + tratamento de sementes ³
T6	NPK + micronutrientes controle ⁴
T7	1,5 PK ⁵ + N + fonte mista de nutrientes ²
T8	1,5 PK ⁵ + N + tratamento de sementes ³

¹NPK - doses de nitrogênio, tóstor e de potássio recomendadas para a cultura do arroz irrigado, considerando-se o sistema de semeadura em solo seco e uma expectativa de produtividade superior a 9 t ha⁻¹ (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004); ²Fonte mista de nutrientes (2% de B, 1% de Cu, 1% de Mn, 6% de Zn, 10% de S e 10% de Si); ³Tratamento de sementes com produto com densidade 1,19 g cm⁻³, contendo 5% de N, 8,5% de Zn e 0,02 de Co; ⁴Micronutrientes controle [B (ácido bórico - 13 kg ha⁻¹); Cu (sulfato de cobre - 10 kg ha⁻¹); Zn (sulfato de zinco - 5 kg ha⁻¹) e Mo (molibdato de amônio - 0,5 kg ha⁻¹)]; ⁵1,5 PK - uma vez e meia as doses de fósforo e de potássio recomendadas para a cultura do arroz irrigado, considerando-se o sistema de semeadura em solo seco e uma expectativa de produtividade superior a 9 t ha⁻¹ (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004).

Todos os tratamentos receberam a dose de nitrogênio recomendada para o arroz irrigado (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004; SOSBAI, 2005). Este nutriente, tendo como fonte uréia, foi aplicado integralmente em cobertura, parcelando-se metade da dose no início do perfilhamento (estádio V4-V5), antecedendo a entrada de água na lavoura, e o restante na diferenciação da panícula (estádio R1) sobre uma lâmina de água não circulante.

A semeadura do arroz, cultivar BRS Atalanta, foi realizada em 1º de dezembro de 2006, em sistema convencional de cultivo, utilizando um espaçamento entre linhas de 17,5 cm e 125 kg ha⁻¹ de sementes. Estas foram previamente tratadas com os fungicidas carboxin/thiram (200 g + 200 g/100 kg de sementes).

Para a definição dos estádios de desenvolvimento da planta de arroz, utilizou-se como referência a escala proposta por COUNCE et al. (2000). Por sua vez, o controle de plantas

daninhas e demais tratos culturais seguiram as recomendações da pesquisa para o arroz irrigado (SOSBAI, 2005).

Os tratamentos foram avaliados pela contagem do número de plantas emergidas, aos 15; 20 e 35 dias após a semeadura, pelos teores de macro e micronutrientes no tecido foliar, em amostragem realizada por ocasião da floração (R4) e pela determinação do número de perfilhos, estatura de plantas, produtividade de grãos, componentes de produtividade e rendimento de engenho, na maturação de colheita (R9).

A amostragem de planta para avaliação do estado nutricional consistiu na coleta da folha bandeira de 48 plantas, escolhidas ao acaso, de cada parcela, na floração. O material vegetal foi secado em estufa com circulação forçada de ar, a 65°C, até massa constante, moído e submetido à análise química, determinando-se os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, seguindo procedimentos descritos em Freire (2001).

Os dados de produtividade foram convertidos para uma umidade de 130 g kg⁻¹. Para a determinação do rendimento de engenho, realizou a coleta de 20 panículas por parcela, com o teor de umidade dos grãos variando entre 18% e 22%.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, comparando-se as médias dos tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos para as diferentes variáveis analisadas, em função dos tratamentos testados, são apresentados nas Tabelas 3 a 8. Destas, verifica-se que as diferenças significativas entre os tratamentos restringiram-se às variáveis número de espiguetas por panícula e porcentual de grãos inteiros e quebrados.

A análise dos dados da Tabela 3, que contém a evolução do número de plantas emergidas no período compreendido entre 14 e 35 dias após a emergência, mostra, independentemente do tratamento, um adequado estabelecimento do estande já a partir da terceira semana após a semeadura. Este resultado é atribuído à época de semeadura do experimento, que ocorreu no último decêndio recomendado para cultivares de ciclo super precoce na região de Pelotas, RS (Steinmetz et al., 2001), conferindo condições de temperatura do solo favoráveis à germinação e emergência das plântulas de arroz. Ademais, o regime de chuvas na região de cultivo, no período que antecedeu o início da irrigação, também contribuiu positivamente ao estabelecimento da cultura.

Ressalta-se, entretanto, que a despeito da semelhança estatística entre os tratamentos, foi possível observar visualmente maior vigor inicial das plantas das parcelas que receberam tratamento de sementes com produto contendo N, Zn e Co. Neste sentido, infere-se que efeitos mais pronunciados dos tratamentos sejam verificados em plantios realizados sob condições climáticas menos favoráveis quanto à temperatura e umidade do solo, notadamente na fase inicial do período recomendado para semeadura, ou ainda, em plantios anteriores ("plantio do cedo"). Adicionalmente, tal efeito ser ainda mais intenso nos plantios estabelecidos em regiões mais frias do Estado, em especial a região Sul.

Tabela 3. Número de plantas de arroz, cv. BRS Atalanta, aos 14, 21 e 35 dias após a semeadura (das), em função da adubação de semeadura e da realização de tratamento de sementes. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS. Safra 2006/07.

Tratamento ¹	14 das	21 das	35 das
	----- N° m ⁻² -----		
T1	147a	204a	234a
T2	141a	236a	237a
T3	145a	250a	282a
T4	151a	226a	251a
T5	142a	245a	252a
T6	149a	227a	240a
T7	169a	225a	255a
T8	162a	252a	262a
CV, %	26,9	19,4	21,0

¹T1 - Testemunha com omissão de P e K; T2 - Dose recomendada PK; T3 - Dose recomendada PK + Fonte mista de nutrientes; T4 - Dose recomendada PK + Tratamento de sementes; T5 - Dose recomendada PK + Fonte mista de nutrientes + Tratamento de sementes; T6 - Dose recomendada PK + fontes simples de micronutrientes (B, Cu, Zn e Mo); T7 - 1,5 dose recomendada PK + Fonte mista de nutrientes e T8 - 1,5 Dose recomendada PK + Tratamento de sementes.

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

As Tabelas 4 e 5 apresentam, respectivamente, os teores de macro e micronutrientes no tecido foliar do arroz, amostrado por ocasião da floração. Também o estado nutricional da cultura não sofreu a influência da variação nas adubações fosfatada, potássica, com micronutrientes, enxofre e silício, mesmo em relação à testemunha com omissão de adubação fosfatada e potássica. Explica-se esse comportamento pelo aumento da disponibilidade de nutrientes no meio de cultivo, decorrente do alagamento do solo, notadamente fósforo, potássio e micronutrientes (SCIVITTARO & MACHADO, 2004), restringindo a resposta da cultura à aplicação desses nutrientes.

Tabela 4. Teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na folha bandeira do arroz, cv. BRS Atalanta, por ocasião da floração (R4), em função da adubação de semeadura e da realização de tratamento de sementes. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS. Safra 2006/07.

Tratamento ¹	N	P	K	Ca	Mg
	----- g kg ⁻¹ -----				
T1	32,6a	2,05a	13,1a	4,92a	3,12a
T2	33,3a	2,40a	13,5a	5,48a	4,12a
T3	33,6a	2,28a	13,4a	4,82a	2,90a
T4	33,9a	2,38a	13,6a	5,80a	3,62a
T5	36,5a	2,62a	15,0a	5,30a	3,55a
T6	34,0a	2,22a	13,4a	5,08a	3,08a
T7	31,2a	2,22a	15,0a	4,32a	2,30a
T8	33,2a	2,42a	14,0a	4,40a	2,90a
CV, %	9,0	14,0	18,0	21,0	19,9

¹T1 - Testemunha com omissão de P e K; T2 - Dose recomendada PK; T3 - Dose recomendada PK + Fonte mista de nutrientes; T4 - Dose recomendada PK + Tratamento de sementes; T5 - Dose recomendada PK + Fonte mista de nutrientes + Tratamento de sementes; T6 - Dose recomendada PK + fontes simples de micronutrientes (B, Cu, Zn e Mo); T7 - 1,5 dose recomendada PK + Fonte mista de nutrientes e T8 - 1,5 Dose recomendada PK + Tratamento de sementes.

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Com respeito aos resultados obtidos, salienta-se, ainda, serem comuns as observações de cultivos de arroz estabelecidos em solos com limitações em fertilidade, inclusive com a ocorrência de sintomas visuais de deficiência de nutrientes no período antecedente ao início da irrigação definitiva do arroz, onde as limitações nutricionais se extinguem poucas semanas após o alagamento do solo.

Pelo exposto, resultados mais proeminentes de resposta do arroz irrigado à adubação com micronutrientes e/ou elementos benéficos são esperados em áreas com histórico de ocorrência de deficiências nutricionais, particularmente aquelas adubadas sistematicamente com doses de nutrientes inferiores às

quantidades exportadas pela colheita; com remoção da palhada para a alimentação animal ou, ainda, aquelas decorrentes de cortes, quando do nivelamento/sistematização do solo.

Tabela 5. Teores de boro, cobre, ferro, manganês e zinco na folha bandeira do arroz, cv. BRS Atalanta, por ocasião da floração (R4), em função da adubação de sementeira e da realização de tratamento de sementes. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS. Safra 2006/07.

Tratamento ¹	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg kg ⁻¹ -----				
T1	20a	25a	75a	559a	30a
T2	21a	31a	80a	724a	33a
T3	24a	27a	90a	676a	33a
T4	23a	30a	85a	825a	33a
T5	25a	30a	78a	710a	33a
T6	21a	28a	82a	484a	33a
T7	21a	27a	77a	335a	32a
T8	21a	29a	74a	500a	34a
CV, %	16,1	22,1	16,0	38,4	15,3

¹T1 - Testemunha com omissão de P e K; T2 - Dose recomendada PK; T3 - Dose recomendada PK + Fonte mista de nutrientes; T4 - Dose recomendada PK + Tratamento de sementes; T5 - Dose recomendada PK + Fonte mista de nutrientes + Tratamento de sementes; T6 - Dose recomendada PK + fontes simples de micronutrientes (B, Cu, Zn e Mo); T7 - 1,5 dose recomendada PK + Fonte mista de nutrientes e T8 - 1,5 Dose recomendada PK + Tratamento de sementes.

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A análise dos dados contidos nas Tabelas 4 e 5 revela, ainda, independentemente do tratamento, teores de nutrientes na planta dentro das faixas de suficiência estabelecidas para a cultura de arroz irrigado (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004).

A Tabela 6 apresenta os resultados de número de perfilhos, estatura de planta e produtividade de grãos do arroz. Como relatado anteriormente, também essas variáveis não sofreram efeito dos tratamentos de adubação avaliados, refletindo a suficiência de nutrientes no meio de cultivo. Neste sentido, destaca-se o perfilhamento exuberante verificado para as plantas de arroz, notadamente no tratamento com associação de fonte mista de nutrientes e tratamento de sementes. Vale acrescentar a observação de maior robustez dos perfilhos nos tratamentos em que se fez uso de micronutrientes via solo ou tratamento de sementes, sendo este um forte indicativo de que esses fatores devem conferir maior tolerância da planta ao acamamento, sendo, pois, recomendável sua avaliação em locais e sistemas de cultivo com histórico de ocorrência do problema.

Com relação aos dados de produtividade de grãos, constata-se que, em valores absolutos, os tratamentos com aplicação de fonte mista de nutrientes destacaram-se em relação à testemunha sem adição de fósforo, potássio e micronutrientes, conferindo incrementos em produtividade variando de cinco a 17 sacos de arroz por hectare. Por outro lado, constatou-se pequena redução na produtividade do arroz, decorrente da aplicação de fontes simples de micronutrientes, via solo, o que deve estar associado à ocorrência de toxidez por um ou mais dos micronutrientes aplicados. As produtividades de grãos atingidas no experimento ficaram aquém das pretendidas, a despeito do elevado potencial da cultivar utilizada e da adequação das práticas de manejo adotadas. Este fato é atribuído à ocorrência de frio por ocasião da floração, resultando em elevado percentual de esterilidade de espiguetas, comprometendo, parcialmente, a produtividade da cultura (Tabela 7).

Tabela 6. Número de panículas, estatura de plantas e produtividade de grãos de arroz, cv. BRS Atalanta, em função da adubação de sementeira e da realização de tratamento de sementes. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS. Safra 2006/07.

Tratamento ¹	Panículas	Estatura	Produtividade
	Nº m ⁻²	cm	kg ha ⁻¹
T1	517a	74,3a	6804a
T2	524a	74,3a	6735a
T3	533a	75,5a	7662a
T4	519a	76,7a	6881a
T5	547a	76,5a	7291a
T6	496a	77,7a	6514a
T7	527a	77,3a	7044a
T8	527a	78,2a	6858a
CV, %	9,4	4,7	11,4

¹T1 - Testemunha com omissão de P e K; T2 - Dose recomendada PK; T3 - Dose recomendada PK + Fonte mista de nutrientes; T4 - Dose recomendada PK + Tratamento de sementes; T5 - Dose recomendada PK + Fonte mista de nutrientes + Tratamento de sementes; T6 - Dose recomendada PK + fontes simples de micronutrientes (B, Cu, Zn e Mo); T7 - 1,5 dose recomendada PK + Fonte mista de nutrientes e T8 - 1,5 Dose recomendada PK + Tratamento de sementes. Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Ainda com relação aos resultados de produtividade grãos, acrescenta-se, como observação prática a partir do acompanhamento de lavouras comerciais estabelecidas em diferentes regiões orizícolas do Rio Grande do Sul, que o efeito da aplicação da fonte mista de nutrientes em arroz irrigado é mais marcante quando associado a adubações fosfatada e potássica em pré-semeadura em níveis inferiores aos preconizados para a cultura a partir dos resultados da análise de solo. É provável que esse efeito esteja associado ao benefício proporcionado pelo produto ao estabelecimento inicial e desenvolvimento do sistema radicular do arroz, no período que antecede a submersão do solo, o qual pode ser limitado sob condições mais favoráveis de fertilidade do solo.

Tabela 7. Comprimento de panícula, número de espiguetas por panícula, esterilidade de espiguetas e massa de 1000 grãos de arroz, cv. BRS Atalanta, em função da adubação de sementeira e da realização de tratamento de sementes. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS. Safra 2006/07.

Tratamento ¹	Comprimento panícula	Espiguetas/panícula	Esterilidade espiguetas	Massa 1000 grãos
	cm	Nº	%	g
T1	20,6a	134ab	27,9a	25,52a
T2	19,7a	114ab	25,7a	26,20a
T3	21,2a	160a	21,5a	21,10a
T4	20,2a	132ab	25,9a	24,95a
T5	20,3a	157ab	25,6a	26,85a
T6	20,5a	116ab	28,5a	25,35a
T7	19,2a	105b	22,7a	24,92a
T8	21,4a	135ab	27,5a	25,93a
CV, %	6,2	17,2	12,8	5,2

¹T1 - Testemunha com omissão de P e K; T2 - Dose recomendada PK; T3 - Dose recomendada PK + Fonte mista de nutrientes; T4 - Dose recomendada PK + Tratamento de sementes; T5 - Dose recomendada PK + Fonte mista de nutrientes + Tratamento de sementes; T6 - Dose recomendada PK + fontes simples de micronutrientes (B, Cu, Zn e Mo); T7 - 1,5 dose recomendada PK + Fonte mista de nutrientes e T8 - 1,5 Dose recomendada PK + Tratamento de sementes.

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Recomenda-se, pois, a confirmação dessas observações práticas em novos ensaios de pesquisa, contemplando intervalos de doses de adubação em pré-semeadura mais amplos, onde sejam esclarecidos os mecanismos envolvidos na dinâmica dos nutrientes no sistema solo-água-planta.

Da Tabela 7, verificam-se diferenças entre os tratamentos para a variável número de espiguetas por panícula, para a qual pior desempenho foi determinado para o tratamento com aplicação de uma e meia vez a dose de fósforo e de potássio recomendada para o arroz irrigado, associada à aplicação de fonte mista de nutrientes, cujo efeito diferiu daquele proporcionado pela aplicação da dose recomendada de fósforo

e de potássio, associada ao fonte mista de nutrientes; os demais tratamentos apresentaram desempenho intermediário, não diferindo de nenhum dos anteriores. Acrescenta-se que os resultados médios obtidos para os componentes de produtividade medidos são compatíveis com o padrão esperado para a cultivar BRS Atalanta, utilizada neste estudo.

Com relação ao rendimento de engenho, de forma geral, os percentuais de grãos inteiros determinados foram baixos relativamente ao padrão esperado para a cultivar BRS Atalanta (Tabela 8), o que também pode estar associado à ocorrência de condições climáticas adversas por ocasião da floração, comprometendo a qualidade do grão. Adicionalmente, menciona-se que o tratamento T5 (dose recomendada de PK + fonte mista de nutrientes + tratamento de sementes) destacou-se por proporcionar maior rendimento de inteiros, superando o efeito proporcionado pelo tratamento T6, com a aplicação fontes simples de micronutrientes via solo. Os demais tratamentos apresentaram efeito intermediário, não diferindo de nenhum dos anteriores. Com relação à variável percentual de grãos quebrados, os resultados obtidos foram aproximadamente opostos aos relatados para a variável percentual de grãos inteiros.

Tabela 8. Rendimento de engenho de grãos de arroz, cv. BRS Atalanta, função da adubação de semeadura e da realização de tratamento de sementes. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS. Safra 2006/07.

Tratamento ¹	Grãos inteiros	Grãos quebrados
	----- % -----	
T1	48,6ab	22,2ab
T2	48,2ab	22,5ab
T3	50,3ab	19,5ab
T4	47,6ab	22,2ab
T5	53,1a	18,9b
T6	39,9b	30,2a
T7	45,2ab	25,2ab
T8	49,7ab	20,3ab
CV, %	10,3	20,0

¹T1 - Testemunha com omissão de P e K; T2 - Dose recomendada PK; T3 - Dose recomendada PK + Fonte mista de nutrientes; T4 - Dose recomendada PK + Tratamento de sementes; T5 - Dose recomendada PK + Fonte mista de nutrientes + Tratamento de sementes; T6 - Dose recomendada PK + fontes simples de micronutrientes (B, Cu, Zn e Mo); T7 - 1,5 dose recomendada PK + Fonte mista de nutrientes e T8 - 1,5 Dose recomendada PK + Tratamento de sementes.

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Conclusões

Nas condições em que foi realizado o presente trabalho, pode-se concluir que:

- a) o tratamento de sementes com produto contendo N, Zn e Co proporciona maior vigor inicial às plantas de arroz;
- b) a aplicação de fonte mista de nutrientes, associada às adubações fosfatada e potássica, promove aumentos em produtividade de grãos para o arroz irrigado, da ordem de cinco a 17 sacos por hectare; e
- c) o uso de micronutrientes contribui para o aumento do rendimento de grãos inteiros.

Referências

- CHANG, S. C. Evaluation of the fertility of rice soils. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Soil and Rice. Los Baños: International Rice Research Institute, 1978. p. 521-541.
- COUNCE, P. A.; KEISLING, T. C.; MITCHELL, A. J. A uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. *Crop Science*, Madison, v. 40, p. 436-443, 2000.
- DE-DATTA, S. K. Fertilizer management for efficient use in wetland rice soils. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Soil and Rice. Los Baños: International Rice Research Institute, 1978. p. 671-701.
- FREIRE, C. J. da S. Manual de métodos de análise de tecido vegetal, solo e calcário. 2.ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001. 201 p.
- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (IRRI). Annual report. Los Baños, Philippines: IRRI. 1993.
- KANG, Y. S.; LEE, J. H.; KIM, J. I.; LEE, J. S. Influence of silicate application on rice grain quality. *Korean Journal of Crop Science*, v. 42. n. 6, p. 800-804. 1997.
- KORNDÖRFER G. H.; SNYDER, G. S.; ULLOA, M.; POWELL, G.; DATNOFF, L. E. Calibration of soil and plant silicon analysis for rice production. *Journal of Plant Nutrition*, v. 24, n. 7, p. 1071-1084, 2001.
- LOPES, M. S.; SANTOS, O. S. dos; CABRAL, J.T.; IOCHPE, B. Efeito de micronutrientes sobre o rendimento de grãos de arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 14., 1985, Pelotas. Anais. Pelotas: EMBRAPA-CPATB, 1985. p. 226-234.

MACHADO, M. O.; PAULETTO, E. A.; GOMES, A. da S. Influência do calcário na resposta do arroz irrigado à aplicação do zinco. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 12., 1983, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: IRGA, 1983. p. 143-148.

MARCHEZAN, E.; SANTOS, O. S.; SILVA, R. P. da; KINZEL FILHO, C.; REZER, J. R. Adubação foliar com micronutrientes em arroz irrigado, em várzea sistematizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1999, Pelotas. Anais. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 366-368.

REZER, J.; MARCHEZAN, E.; VIZZOTTO, V. R.; GRANETTO, I. H. Aplicação de micronutrientes em arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado, em área de várzea sistematizada. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú, 1997. Anais. Itajaí: EPAGRI, 1997. p. 248-250.

SCIVITTARO, W. B.; MACHADO, M. O. Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. (Ed.). Arroz irrigado no Sul do Brasil. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 259-303.

SISTEMA brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Pelotas: SOSBAI. 2007. 154 p.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Santa Maria: SOSBAI. 2005. 159 p.

STEINMETS, S.; INFELD, J. A.; MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R.; MARIOT, C. H. P.; AMARAL, A. G.; FERREIRA, J. S. A. Zoneamento agroclimático do arroz irrigado por épocas de semeadura no estado do Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001. 31 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 81)

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. ; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos-UFRGS, 1995. 174 p.

YOSHIDA, S. Mineral nutrition of rice. In: YOSHIDA, S. Fundamentals of rice crop science. Los Baños: International Rice Research Institute,



Clima Temperado

