

ISSN 1678-2518

Dezembro, 2011

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

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 154

Absorção de Nutrientes pelo Arroz Irrigado: Influência da Altura da Lâmina de Água

Walkyria Bueno Scivittaro¹

Daiana Ribeiro Nunes Gonçalves²

Pelotas, RS

2011

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: Ariano Martins de Magalhães Júnior
Secretária-Executiva: Joseane Mary Lopes Garcia
Membros: Márcia Vizzotto, Ana Paula Schneid Afonso, Giovani Theisen, Luis Antônio
Suíta de Castro, Flávio Luiz Carpena Carvalho, Christiane Rodrigues Congro Bertoldi,
Regina das Graças Vasconcelos dos Santos.
Suplentes: Isabel Helena Verneti Azambuja, Beatriz Marti Emygdio

Supervisão editorial: Antônio Luiz Oliveira Heberlé
Revisão de texto: Bárbara Chevallier Cosenza
Normalização bibliográfica: Fábio Lima Cordeiro
Editoração eletrônica e capa: Juliane Nachtigall (estagiária)

1ª edição
1ª impressão (2011): 100 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).

Scivittaro, Walkyria Bueno, Absorção de nutrientes pelo arroz irrigado: influência da
altura da lâmina de água / Walkyria Bueno Scivittaro e Daiana Ribeiro Nunes Gonçalves.
– Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011.

28 p. – (Embrapa Clima Temperado. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 154
).

ISSN 1678-2518

Arroz irrigado – *Oryza sativa* L. – Irrigação por inundação – Manejo de água – Nutrição. I.
Gonçalves, Daiana Ribeiro Nunes. II. Título. III. Série.

CDD 633.18

© Embrapa

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	11
Resultados e Discussão	13
Conclusão	15
Referências	16

Absorção de Nutrientes pelo Arroz Irrigado: Influência da Altura da Lâmina de Água

Walkyria Bueno Scivittaro¹

Daiana Ribeiro Nunes Gonçalves²

Resumo

A racionalização do uso da água pelo arroz irrigado por inundação é uma das prioridades do setor produtivo no Sul do Brasil. Em decorrência, têm sido propostas alternativas de manejo da água para a cultura, visando à redução no uso. As alterações no manejo da água podem alterar a disponibilidade de nutrientes para o arroz. Este trabalho teve por objetivo avaliar a influência da altura da lâmina de água sobre a absorção de nutrientes pelo arroz. O experimento foi realizado em duas safras agrícolas consecutivas (2007/2008 e 2008/2009), em um Planossolo Háplico, em Capão do Leão, RS, utilizando-se a cultivar BRS Querência. Os tratamentos, três alturas de lâmina de água [< 1 cm (solo saturado), 5 cm e 10 cm], foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso, com três repetições na primeira safra e quatro repetições na segunda. Avaliou-se a absorção e acumulação de

¹Eng. Agrôn., D.Sc. em Ciências, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, walkyria.scivittaro@cpact.embrapa.br

²Eng. Agrôn., M.Sc. em Agronomia, UFPel, Pelotas, RS, daianar.nunes@gmail.com

nutrientes na parte aérea das plantas de arroz e a exportação destes pelos grãos. A variação na altura da lâmina de água praticamente não influenciou a absorção de nutrientes pelo arroz irrigado. As alterações nutricionais decorrentes da redução na altura da lâmina de água não justificam revisão nas indicações de adubação para o arroz irrigado.

Termos para indexação: *Oryza sativa* L., irrigação por inundação, manejo da água, nutrição.

Nutrient Absorption by Flooded Rice: Influence of the Depth Flood

Walkyria Bueno Scivittaro¹

Daiana Ribeiro Nunes Gonçalves²

Abstract

The rationalization of water use by flood irrigated rice is one of the priorities of the productive sector in southern Brazil. As a result, some alternative water managements have been proposed aiming the reduction in water use by rice crop. However, changes in water management may influence the availability of nutrients for rice. For this reason, a work was carried out with the objective of evaluating the effects of the flood depth on nutrient uptake by rice. The experiment was conducted in two consecutive growing seasons (2007/2008 and 2008/2009) in a Typic Albaqualf, at the Lowland Experimental Station of the Embrapa Temperate Agriculture, in Capão do Leão, State of Rio Grande do Sul, Brazil. The BRS Querência cultivar was used. The treatments comprised three flood depths [< 1 cm (saturated soil); 5 cm; and 10 cm]. These treatments were arranged in randomized complete block design, with three in the first season and four replications in the

second season. The absorption and accumulation of nutrients in the shoots of rice plants were evaluated, as well as the nutrients export by grains. The variation in depth flood had little influence on the absorption of nutrients by rice. Changes in rice nutrition due to reduction on depth flood do not justify the revision on the indications of fertilization for flooded rice.

Index terms: *Oryza sativa* L., flood irrigation, water management, nutrition.

Introdução

A orizicultura irrigada por inundação destaca-se pela elevada demanda hídrica. No Brasil, essa atividade produtiva está concentrada no Rio Grande do Sul, que ocupa, anualmente, uma área próxima a 1 milhão de hectares, respondendo, na safra 2010/2011, por cerca de 65% da produção nacional do cereal, com produtividade média de 7,6 t ha⁻¹ (CONAB, 2011).

Considerando-se a conjuntura atual de escassez de água, conflitos no seu uso e a demanda crescente por alimentos (STONE, 2005), a adoção de procedimentos para a otimização do uso da água pelo arroz apresenta-se como uma questão prioritária a ser implementada pelo setor orizícola.

Para atender a essa demanda, a pesquisa tem se dedicado a avaliar alternativas de manejo da água para o arroz com vistas à elevação da eficiência de irrigação. Dentre essas, a diminuição na altura da lâmina de água tem se mostrado promissora, pelo menor uso de água, sem comprometimento da produtividade. Isto porque para atender à demanda hídrica do arroz irrigado é necessário apenas manter o solo saturado ao longo do ciclo da cultura, embora, normalmente, preconize-se o cultivo do arroz em presença de uma lâmina de água sobre o solo, visando favorecer outros fatores de produção.

Resultados de pesquisa mostram que é possível obter produtividade de grãos igual ou superior em solo saturado ou com lâmina de água baixa, relativamente a cultivos de arroz estabelecidos com

lâminas altas (STONE et al., 1990).

Apesar dos benefícios em produtividade e em economia de água resultantes da redução na altura da lâmina de água no cultivo de arroz, esse manejo pode influenciar a disponibilidade de nutrientes para a cultura, com reflexos sobre sua nutrição. Isto porque a submersão altera o equilíbrio de elementos e de compostos presentes no solo, em resposta a transformações físicas, químicas e biológicas, (SOUSA et al., 2006). Desta forma, alguns nutrientes, que não se encontram em formas prontamente disponíveis em um ambiente bem drenado, tornam-se disponíveis sob condições de submersão (SCIVITTARO; MACHADO, 2004). Outros, porém, têm sua disponibilidade reduzida ou ficam mais sujeitos a perdas (SOUSA et al., 2006).

Desta forma, realizou-se um experimento com o objetivo de avaliar o efeito da altura da lâmina de água sobre a absorção de nutrientes pelo arroz.

Material e Métodos

O estudo foi realizado nas safras agrícolas 2007/08 e 2008/09, na Estação Experimental Terras Baixas (ETB), da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS.

O solo da área experimental, um Planossolo Háplico (SANTOS et al., 2006), foi sistematizado em nível, com cota zero, dois anos

antes da implementação do experimento. Desde então, até a sua instalação, foi mantido em pousio. Na ocasião da instalação do primeiro e do segundo cultivo de arroz irrigado, o solo da área experimental apresentava as seguintes características químicas, na profundidade de 0-20 cm, respectivamente: argila: 190 g dm^{-3} ; $\text{pH}_{(\text{água})}$: 5,8 e 5,6; 12 e 14 g dm^{-3} de M.O.; 13,3 e $12,8 \text{ mg dm}^{-3}$ de P; 59 e 51 mg dm^{-3} de K; 0,0 e $0,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Al; 6,5 e $6,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca + Mg e 9,1 e $10,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de CTC. Nas duas safras, os teores de matéria orgânica, de fósforo e de potássio no solo foram interpretados, respectivamente, como baixo, alto e médio, conforme a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004).

Os tratamentos compreenderam três alturas de lâmina de água para o arroz irrigado por inundação do solo: 10 cm, 5 cm e lâmina inferior a 1 cm. Neste último tratamento, o solo foi mantido sob condições de saturação durante o período de irrigação dos demais tratamentos. Esses foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso com três repetições, na primeira safra agrícola, e quatro repetições, na segunda safra. As unidades experimentais apresentaram dimensões de 10 m x 10 m, sendo individualizadas por taipas.

As épocas de início e de supressão da irrigação foram fixas, correspondendo, respectivamente, aos estádios de quatro a cinco folhas (V4-V5) e maturação de colheita do arroz (R9), conforme a escala de Counce et al. (2000). No primeiro ano de cultivo, o início da irrigação ocorreu 21 dias após a emergência do arroz (DAE) e,

no segundo, em razão da época de semeadura mais tardia, 13 DAE. A irrigação foi feita de maneira intermitente, mantendo-se uma lâmina de água uniforme com uma variação de 1 cm.

Em ambas as safras, o arroz foi implantado em sistema convencional de preparo do solo, que compreendeu operações de aração e gradagem seguidas de aplainamento para correção de pequenas ondulações na superfície do terreno. As semeaduras do arroz foram realizadas em 17/11/2007 e em 9/12/2008, utilizando-se espaçamento entre linhas de 17,5 cm e densidade de semeadura de 120 kg ha⁻¹ de sementes viáveis.

Utilizou-se a cultivar de arroz irrigado BRS Querência, de ciclo precoce, ao redor de 110 dias da emergência à maturação completa dos grãos. As sementes foram previamente tratadas com os fungicidas carboxin/thiram (60 g + 60 g i.a./100 kg de sementes).

A adubação para o arroz foi estabelecida seguindo indicações da Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado (2007), considerando uma expectativa de incremento de produtividade de 4 t ha⁻¹. Essa consistiu na aplicação, em pré-semeadura, de 250 kg da formulação 5-20-20 ha⁻¹, na safra 2007/08, e de 280 kg de 5-25-25 ha⁻¹, na safra 2008/09. Em cobertura, foram realizadas, ainda, duas aplicações de 55 kg de N ha⁻¹, como ureia. A primeira adubação em cobertura foi realizada em solo seco imediatamente antes do início da irrigação, no estágio de quatro a cinco folhas, e a segunda, na diferenciação da panícula, sobre a lâmina de água

ou em solo saturado, conforme o tratamento.

No primeiro cultivo de arroz, o controle de plantas daninhas compreendeu uma aplicação do herbicida penoxsulam ($0,06 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), em pré-emergência, e uma aplicação do herbicida cyhalofop-butyl ($360 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), em pós-emergência. Exclusivamente para o tratamento em que se manteve lâmina de água inferior a 1 cm, foi necessária uma segunda aplicação do herbicida cyhalofop-butyl ($360 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), em razão da reinfestação das parcelas por plantas daninhas. Na safra seguinte, imediatamente após a semeadura do arroz, procedeu-se à dessecação da área experimental com glyphosate ($1,92 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), visando o controle de plantas daninhas presentes e de arroz espontâneo proveniente do cultivo anterior. Adicionalmente, aplicou-se em pós-emergência mistura dos herbicidas clefoxydim ($135 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) e quinclorac ($68 \text{ g i.a. ha}^{-1}$). Todos os demais tratos culturais seguiram as indicações da pesquisa para o arroz irrigado (SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO, 2007).

Na maturação de colheita (estádio R9), avaliou-se o efeito dos tratamentos sobre a absorção de nutrientes pelo arroz. Para tanto, coletaram-se, em duplicata, de cada parcela, amostras constituídas pela parte aérea das plantas presentes em três linhas de 0,5 m de comprimento. Do material vegetal colhido, separaram-se os grãos. Ambas as frações, grãos, e colmos e folhas, foram secadas em estufa para determinação da produção de matéria seca. Após, foram amostradas e moídas, determinando-se os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn no tecido vegetal, conforme

descrito em Freire (2001). A partir dos dados de produção de massa seca e de teores de nutrientes no tecido vegetal, determinaram-se as quantidades de nutrientes acumuladas nos colmos e folhas e exportadas pelos grãos de arroz.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Quando esta foi significativa em nível de 5%, procedeu-se à comparação das médias de espessuras de lâmina de água para o arroz pelo teste de Duncan em nível de 5%.

Resultados e Discussão

A altura da lâmina de água promoveu pequenas variações na produção de matéria seca dos colmos e folhas e dos grãos de arroz. Na safra 2007/08, o uso de lâmina de água de maior espessura promoveu maior produção de massa seca das plantas de arroz, demonstrando benefícios da presença de lâmina de água no crescimento e produção da cultura. Efeito distinto foi verificado na safra subsequente, onde o uso de lâmina de água alta (10 cm) afetou a produção de massa seca dos colmos e folhas do arroz, relativamente aos tratamentos com lâmina de água baixa ou ausente (Tabela 1). Este comportamento pode estar associado ao menor perfilhamento das plantas, proporcionado pela presença de lâminas de água de altura elevada (SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO, 2010). A menor produção de massa seca dos colmos e folhas proporcionada pelo uso de lâmina de água de 10 cm não se refletiu, porém, sobre o desempenho produtivo do arroz (Tabela 1). A presença de lâmina de água durante o cultivo

do arroz irrigado pode trazer uma série de vantagens à cultura, destacando-se o aumento da disponibilidade de nutrientes no solo, notadamente o fósforo, e o controle físico de plantas daninhas não aquáticas (SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO, 2010). No entanto, é possível alcançar excelentes produtividades de arroz em cultivos sob lâminas de água baixa (SACHET, 1977).

Tabela 1. Matéria seca dos colmos e folhas e dos grãos de arroz, em função da altura da lâmina de água. Safras 2007/08 e 2008/09, Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS.

Lâmina de água	Colmos e folhas	Grãos	Colmos e folhas	Grãos
	Safrá 2007/08		Safrá 2008/09	
	----- kg ha ⁻¹ -----			
<1 cm	7443b	5581b	9086a	7357a
5 cm	6875b	6306a	8552a	7417a
10 cm	8452a	6115a	7516b	6898a
Média	7590	6001	8387	7224
CV, %	14,3	12,8	11,9	9,8

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan em nível de 5%.

No primeiro ano agrícola, apenas as quantidades de cálcio e de enxofre acumulado nos colmos e folhas do arroz foram influenciadas pela altura da lâmina de água. A manutenção de uma lâmina de água mais alta (10 cm) propiciou maior acumulação de ambos os nutrientes, comparativamente aos tratamentos com lâmina baixa (5 cm) ou com ausência desta (Tabela 2). Este efeito reflete tanto a maior produção de matéria seca, como o

aumento na disponibilidade de cálcio e enxofre proporcionados pela lâmina de 10 cm. Embora não participe diretamente das reações de oxirredução que se processam sob inundação, o cálcio tem sua solubilidade aumentada devido ao deslocamento para a solução do solo pelo manganês e ferro (SOUSA et al., 2006), sendo a intensidade desse efeito diretamente proporcional à condição de redução estabelecida. O enxofre, contrariamente, tem a disponibilidade da forma preferencialmente absorvida pelas plantas (sulfato) diminuída pela redução, porém essa é uma reação que se processa em sequência à redução do ferro, o que pode levar até alguns meses para se processar em solos ácidos (VAHL; SOUSA, 2004).

Tabela 2. Nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre acumulados nos colmos e folhas das plantas de arroz, em função da altura da lâmina de água. Safra 2007/08, Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS.

Lâmina de água	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- kg ha ⁻¹ -----					
< 1 cm	65,9 ^{ns}	12,9 ^{ns}	157,3 ^{ns}	26,2b	16,4 ^{ns}	5,9b
5 cm	58,1	12,4	142,5	25,6b	13,7	5,3b
10 cm	62,2	12,6	155,3	33,0a	20,0	8,4a
Média	62,1	12,6	151,6	28,3	16,6	6,5
CV,%	17,6	19,4	12,2	7,8	12,4	6,0

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan em nível de 5%.

Na mesma safra (2007/08) não se observou efeito da variação na altura da lâmina de água sobre as quantidades de macronutrientes exportadas pelos grãos (Tabela 3), indicando que as diferentes condições de redução proporcionadas pela presença ou não de lâmina de água, bem como pela variação em sua altura, têm pouco efeito sobre o desempenho produtivo e a absorção de nutrientes pelo arroz. Isto é válido para cultivos estabelecidos sob condições adequadas de clima e de manejo, visto que a presença de lâmina de água pode trazer benefícios importantes à cultura, particularmente exercendo efeito termorregulador e promovendo o controle de plantas daninhas não aquáticas (SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO, 2010).

Em 2008/09, o efeito da variação na espessura da lâmina de água foi ainda mais restrito, manifestando-se apenas sobre a quantidade de cálcio acumulada nos colmos e folhas do arroz. O comportamento observado foi distinto daquele reportado para o ano anterior, ou seja, a acumulação de cálcio na parte aérea da planta foi maior na ausência da lâmina de água, decrescendo à medida que se aumentou sua altura (Tabela 4). Este efeito esteve associado à variação na produção de matéria seca dos colmos e folhas e na concentração de cálcio no tecido vegetal, que diminuíram com o aumento da altura da lâmina de água.

Tabela 3. Nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre exportados pelos grãos de arroz, em função da altura da lâmina de água. Safra 2007/08, Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS.

Lâmina de água	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- kg ha ⁻¹ -----					
< 1 cm	65,0 ^{ns}	28,5 ^{ns}	40,0 ^{ns}	3,0 ^{ns}	9,3 ^{ns}	4,4 ^{ns}
5 cm	68,1	31,1	48,0	3,8	10,3	4,8
10 cm	75,9	33,8	50,3	3,7	11,0	5,6
Média	69,7	31,1	46,0	3,4	10,2	5,0
CV,%	16,6	14,0	14,4	19,9	16,4	10,9

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan em nível de 5%.

Tabela 4. Nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre acumulados nos colmos e folhas de arroz, em função da altura da lâmina de água. Safra 2008/09, Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS.

Lâmina de água	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- kg ha ⁻¹ -----					
< 1 cm	74,1 ^{ns}	22,4 ^{ns}	151,5 ^{ns}	38,5a	28,8 ^{ns}	8,2 ^{ns}
5 cm	80,6	27,5	189,0	33,0ab	29,4	6,4
10 cm	67,6	19,7	141,3	27,8b	21,2	7,0
Média	74,0	23,2	160,6	33,1	26,4	7,2
CV,%	23,3	36,5	20,1	13,3	22,4	10,5

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan em nível de 5%.

Os resultados relativos à exportação de macronutrientes pelos grãos foram semelhantes ao do primeiro ano agrícola, não havendo efeito da altura da lâmina de água sobre as quantidades de N, P, K, Ca, Mg e S exportadas pelos grãos (Tabela 5). Isto reforça observações da safra anterior de que as variações no estado de redução decorrentes de diferentes alturas de lâmina de água têm efeito discreto sobre a absorção e acumulação desses nutrientes

nos grãos de arroz.

É importante ressaltar que esses resultados foram gerados em anos agrícolas onde a produtividade do arroz foi limitada por motivos associados ao clima e ao manejo da cultura, havendo pouca resposta do arroz aos tratamentos de altura de lâmina de água. É possível que, em cultivos com melhor desempenho produtivo, haja maior resposta da cultura à variação no manejo da água, com algum reflexo sobre a absorção de nutrientes.

Tabela 5. Nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre exportados pelos grãos de arroz, em função da altura da lâmina de água. Safra 2008/09, Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS.

Lâmina de água	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- kg ha ⁻¹ -----					
< 1 cm	75,2 ^{ns}	33,5 ^{ns}	70,1 ^{ns}	3,0 ^{ns}	14,7 ^{ns}	8,4 ^{ns}
5 cm	83,8	28,2	65,3	3,0	13,1	8,1
10 cm	73,1	31,4	64,9	2,9	14,0	7,2
Média	77,4	31,0	66,8	2,9	13,9	7,9
CV,%	12,1	14,0	10,6	22,0	16,1	18,0

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan em nível de 5%.

Estudos anteriores (CHERIAN et al., 1968; JUGSUJINDA; PATRICK JR., 1977; SENG et al., 1999) relataram benefícios da presença de lâmina de água sobre a absorção de alguns nutrientes pelo arroz, porém os efeitos mais importantes estiveram associados à comparação do arroz irrigado por inundação com aquele cultivado em condições aeróbicas.

As quantidades de nutrientes (N, P e K) fornecidas via adubação não supriram integralmente a demanda do arroz, mesmo com produtividades de grãos menores que o potencial produtivo da cultivar BRS Querência, indicando que parte dos nutrientes absorvidos é oriunda de outras fontes (solo, resíduos de cultivos anteriores e água de irrigação). Em ambas as safras, o potássio foi o nutriente absorvido em maior quantidade pelo arroz, seguido do nitrogênio, fósforo, cálcio/magnésio e enxofre (Tabelas 2 a 5). O nitrogênio ocupou a primeira colocação em exportação pelos grãos, seguido do potássio, fósforo, magnésio, enxofre e, finalmente, o cálcio (Tabelas 3 e 5). De forma geral, as quantidades de nutrientes acumuladas na parte aérea e exportadas pelos grãos foram um pouco maiores na segunda safra, possivelmente em razão da magnitude da adubação básica de semeadura.

A acumulação de micronutrientes na planta de arroz foi mais sensível às alterações no estado de redução do solo, proporcionadas pela variação na espessura da lâmina de água. Esse efeito foi mais intenso na safra 2007/08, onde se determinou efeito dos tratamentos sobre as quantidades de cobre, ferro, manganês e zinco acumuladas nos colmos e folhas e exportadas pelos grãos (Tabelas 6 e 7). Em 2008/09, a influência dos tratamentos manifestou-se apenas sobre as quantidades de cobre, manganês e zinco acumuladas nos colmos e folhas (Tabela 8), não havendo efeito na exportação pelos grãos (Tabela 9).

Tabela 6. Boro, cobre, ferro, manganês e zinco acumulados nos colmos e folhas de arroz, em função da altura da lâmina de água. Safra 2007/08, Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS.

Lâmina de água	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- g ha ⁻¹ -----				
< 1 cm	55 ^{ns}	40b	1636b	957b	134b
5 cm	58	34b	3098a	737b	123b
10 cm	65	53a	3536a	2309a	259a
Média	59	42	2756	1334	172
CV,%	17,4	10,5	11,2	18,4	20,0

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan em nível de 5%.

Tabela 7. Boro, cobre, ferro, manganês e zinco exportados pelos grãos de arroz, em função da altura da lâmina de água. Safra 2007/08, Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS.

Lâmina de água	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- g ha ⁻¹ -----				
< 1 cm	17 ^{ns}	32b	398b	333b	115 ^{ns}
5 cm	21	38b	498a	368b	128
10 cm	17	43a	370b	1217a	149
Média	18	37	422	639	131
CV,%	16,7	12,0	8,4	9,3	14,1

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan em nível de 5%.

Em 2007/08, maiores quantidades de cobre, manganês e zinco acumuladas nos colmos e folhas foram determinadas para o tratamento com lâmina de água de 10 cm, relativamente aos demais, que não diferiram entre si. Para o ferro, o efeito dos tratamentos com presença de lâmina de água foi superior ao do solo saturado (Tabela 6). De forma geral, esse resultado está associado à quantidade de matéria seca dos colmos e folhas, que foi superior no tratamento com lâmina de água maior, visto que as variações entre tratamentos nas concentrações desses micronutrientes foram pequenas (dados não apresentados). Nessa mesma safra, a exportação de cobre e manganês pelos grãos também foi superior para o tratamento com lâmina de água de 10 cm. Já para o ferro, maior exportação ocorreu sob lâmina de 5 cm (Tabela 7). Tais resultados refletem, basicamente, as variações na produção de matéria seca e nos teores de nutrientes no tecido vegetal proporcionadas pelos tratamentos.

Na segunda safra (2008/09), as quantidades de cobre, manganês e zinco acumuladas nos colmos e folhas decresceram com o aumento da altura da lâmina de água (Tabela 8), refletindo as variações na produção de matéria seca da parte aérea e nas concentrações desses nutrientes no tecido vegetal. Segundo Sousa et al. (2006), a concentração de cobre e de zinco é reduzida em ambientes reduzidos, devido à formação de compostos de baixa solubilidade, como hidróxidos, carbonatos e sulfetos, ou à sua adsorção aos coloides orgânicos do solo. Por outro lado, a menor absorção de manganês em ambiente mais reduzido deve

estar associada à diminuição na disponibilidade devido à retenção na fase sólida do solo e/ou a precipitação na forma de hidróxidos ou fosfatos (Sims; Patrick, 1978).

Tabela 8. Boro, cobre, ferro, manganês e zinco acumulados nos colmos e folhas de arroz, em função da altura da lâmina de água. Safra 2008/09, Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS.

Lâmina de água	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- g ha ⁻¹ -----				
< 1 cm	64 ^{ns}	39a	1996 ^{ns}	1969a	341a
5 cm	66	28ab	2937	1315ab	261ab
10 cm	56	19b	2069	978b	219b
Média	62	29	2334	1421	274
CV,%	19,5	15,5	25,9	26,9	24,0

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan em nível de 5%.

A ausência de significância dos tratamentos sobre a exportação de micronutrientes pelos grãos de arroz em 2008/09 (Tabela 9) está associada, principalmente, à pequena variação na produção de massa seca dos grãos.

Tabela 9. Boro, cobre, ferro, manganês e zinco exportados nos grãos de arroz, em função da altura da lâmina de água. Safra 2008/09, Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS.

Lâmina de água	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- g ha ⁻¹ -----				
< 1 cm	33 ^{ns}	17 ^{ns}	521 ^{ns}	822 ^{ns}	164 ^{ns}
5 cm	28	15	442	642	155
10 cm	31	14	449	635	152
Média	31	15	471	700	157
CV,%	24,2	18,2	29,0	30,9	14,7

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan em nível de 5%.

Quanto aos resultados de micronutrientes absorvidos, acrescenta-se que a ausência ou pequenas diferenças entre os tratamentos indicam que o solo utilizado no presente estudo, independentemente do manejo de água praticado, supriu adequadamente as exigências nutricionais do arroz, atenuando, ou mesmo impedindo a expressão de efeito dos tratamentos. Nesse sentido, Scivittaro e Machado (2004) relatam que, de forma geral, a disponibilidade de micronutrientes dos solos arrozeiros do Rio Grande do Sul atende à exigência nutricional da cultura.

Conclusões

A presença e variação na altura da lâmina de água praticamente não influenciam a absorção de nutrientes pelo arroz irrigado.

As alterações nutricionais discretas decorrentes da redução na altura da lâmina de água não justificam revisão nas indicações de adubação para o arroz irrigado.

Referências

CHERIAN, E. C.; PAULSEN, G.; MURPHY, L. S. Nutrient uptake by lowland under flooded and nonflooded soil conditions. **Agronomy Journal**, Madison, v. 60, p. 554-557, 1968.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS-CQFS, 2004. 400 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, safra 2010/2011, décimo segundo levantamento, setembro 2011**. Brasília, DF: CONAB, 2011. 39 p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_09_19_09_49_47_boletim_setembro-2011..pdf>. Acesso em: 27 set. 2011.

COUNCE, P. A.; KEISLING, T. C.; MITCHELL, A. J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v. 40, p. 436-443, 2000.

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.

JUGSUJINDA, A.; PATRICK JR, W. H. Growth and nutrient uptake by rice in a flooded soil under controlled aerobic-anaerobic and pH conditions. **American Society of Agronomy**, Madison, v. 69, p. 705-710, 1977.

SACHET, P. Z. **Consumo de água de duas cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) em três tratamentos de irrigação**. 1977. 102 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1977.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

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

SENG, V.; BELL, W. R.; WILLET, I. R.; NESBITT, H. J. Phosphorus nutrition of rice in relation to flooding and temporary loss of soil-water saturation in two lowland soils of Cambodia. **Plant and Soil**, Hague, v. 207, p. 121-132, 1999.

SIMS, J. L.; PATRICK, W. H. The distribution of micronutrient cations in soil under conditions varying redox potential and pH. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 42, p. 258-262, 1978.

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

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Porto Alegre: SOSBAI, 2010. 188 p.

SOUSA, R. O.; CAMARGO, F. A. de O.; VAHL, L. C. Solos alagados: reações de redox. In: MEURER, E. J. (Org.). **Fundamentos de química do solo**. 3 ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006, p. 185-211.

STONE, L. F. **Eficiência do uso da água na cultura do arroz irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 48 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 176).

STONE, L. F., MOREIRA, J. A. A.; SILVEIRA FILHO, A. Manejo de água na cultura do arroz: consumo, ocorrência de plantas daninhas, absorção de nutrientes e características produtivas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n.3, p. 323-337, 1990.

VAHL, L. C.; SOUSA, R. O. de. Aspectos físico-químicos de solos alagados. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de. (Ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 97-118.

