

ISSN 1678-2518
Dezembro, 2011

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

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 138

Absorção de Nutrientes pelo Arroz em Resposta à Época de Início de Irrigação

*Walkyria Bueno Scivittaro
Daiana Ribeiro Nunes Gonçalves
Juliana Aguilar Fuhrmann Braun
Rosa Maria Vargas Castilhos*

Pelotas, RS
2011

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392 Km 78

Caixa Postal 403, CEP 96010-971 - 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 Suita 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 Heberle

Revisão de texto: Bárbara Chevallier Cosenza

Normalização bibliográfica: Fábio Lima Cordeiro

Editoração eletrônica e capa: Juliane Nachtigall (estagiária)

Foto da capa: Walkyria Bueno Scivittaro

1ª edição

1ª impressão (2011): 30 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).

Absorção de nutrientes pelo arroz em resposta à época de início de irrigação / Walkyria Bueno Scivittaro et al. – Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011.

___ p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 1678-2518, 138)

1. *Oryza sativa*. 2. Irrigação por inundação. 3. Manejo de água. 4. Nutrição. I. Scivittaro, Walkyria Bueno. II. Série.

CDD 633.15

© Embrapa 2011

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	11
Resultados e Discussão	13
Conclusões	17
Referências	19

Absorção de Nutrientes pelo Arroz em Resposta à Época de Início de Irrigação

*Walkyria Bueno Scivittaro*¹

*Daiana Ribeiro Nunes Gonçalves*²

*Juliana Aguilar Fuhrmann Braun*³

*Rosa Maria Vargas Castilhos*⁴

Resumo

A racionalização do uso da água é uma das atuais prioridades do setor orizícola na região Sul do Brasil. Por essa razão, a pesquisa tem buscado alternativas de manejo da água para o arroz irrigado por inundação do solo, visando à redução no uso desse recurso natural. As alterações no manejo da água podem, no entanto, alterar a disponibilidade de nutrientes para a cultura, em razão de mudanças no período de inundação do solo. Este trabalho teve por objetivo avaliar a influência da época de início de irrigação sobre a absorção de nutrientes pelo arroz. O estudo foi realizado nas safras agrícolas 2007/08 e 2008/09, em um Planossolo Háplico, na Estação Experimental Terras Baixas, da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS, utilizando-se a cultivar de arroz irrigado BRS Querência. Os tratamentos compreenderam três épocas de início de irrigação para o arroz [estádios de duas a três folhas (V2-V3), de quatro a cinco folhas (V4-V5) e de sete a oito folhas (V7-V8) ou de seis a sete folhas (V6-V7), na primeira e segunda safras, respectivamente]. O atraso da irrigação além do início do perfilhamento (estádio V4-V5) diminuiu a absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, ferro e manganês pela planta de arroz. A magnitude restrita das alterações nutricionais decorrentes da variação no manejo da água permite a adoção de recomendação de adubação única para o arroz com início da irrigação estabelecida entre os estádios de duas a oito folhas.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., irrigação por inundação, manejo de água, nutrição.

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

²Eng. Agrôn., mestranda do Curso de Solos da FAEM-UFPel, Pelotas, RS, daianar.nunes@gmail.com

³Química, M.Sc., pesquisadora do convênio Petrobrás/Embrapa/Fapeg, Pelotas, RS, ju.aguilar@pop.com.br

⁴Eng. Agrôn., D.Sc. Departamento de Solos da FAEM-UFPel, Pelotas, RS, rosamvc@ufpel.edu.br

Absorption of Nutrients by Lowland Rice in Response to the Flooding Time

Walkyria Bueno Scivittaro
Daiana Ribeiro Nunes Gonçalves
Juliana Aguilar Fuhrmann Braun
Rosa Maria Vargas Castilhos

Abstract

Currently, the rationalization of water use by flooded rice is one of the priorities of the rice productive sector in the Southern region of Brazil. Consequently, some alternative water managements have been proposed aiming at the reduction of water use by rice crop. However, changes in water management can affect nutrient availability for rice due to changes in the irrigation time. This work had the objective of evaluating the effects of the flood timing on nutrient uptake by rice. The experiment was carried out during the growing seasons of 2007/08 and 2008/09, in a Typic Albaqualf, at the Lowland Experimental Station of Embrapa Temperate Agriculture, in Capão do Leão, state of Rio Grande do Sul, Brazil. It was used lowland rice cultivar BRS Querência. The treatments comprised three flood timings for rice (2- to 3-leaf stage, 4- to 5-leaf stage, and 7- to 8-leaf stage or 6- to 7-leaf stage). Flooding delay beyond the 4- to 5-leaf stage decreased nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur, boron, iron, and manganese uptake by rice. Changes in rice nutrition due to alterations on flooding time let use only one indication of fertilization for rice in which flooding time varies from 2- to 8-leaf stage.

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

Introdução

A orizicultura irrigada é uma atividade de grande importância econômica e social para o Estado do Rio Grande do Sul, que segundo dados da CONAB (2009) responde por mais de 60% da produção nacional de arroz.

Nos últimos anos, a lavoura arrozeira tem gerado vários conflitos, particularmente quanto ao uso da água, insumo que demanda em quantidade elevada (GOMES et al., 2004). Em decorrência, tornou-se consenso, junto ao meio científico, que o desenvolvimento e a sustentabilidade da atividade orizícola no Rio Grande do Sul requerem a adoção de práticas de manejo que otimizem o uso da água e proporcionem ganhos de produtividade à cultura, sem comprometer a qualidade ambiental.

Nesse sentido, várias estratégias de manejo da água para o arroz vêm sendo estudadas, visando aumentar a eficiência de uso da água pela cultura. Para o arroz cultivado no sistema de semeadura em solo seco, onde a irrigação da lavoura se inicia alguns dias após a emergência, uma das alternativas possíveis é a variação na época de início de irrigação. Os resultados disponíveis na literatura apresentam divergências quanto à melhor época de início da irrigação para o arroz, a qual é dependente de aspectos relacionados à disponibilidade de água, à duração do ciclo da cultivar e ao tipo de herbicida utilizado (CONGRESSO..., 2007).

A recomendação atual da pesquisa preconiza que o início da irrigação para o arroz ocorra nos estádios de três a cinco folhas, dependendo do ciclo da cultivar, do método de controle de plantas daninhas, do herbicida utilizado e da aplicação da primeira adubação nitrogenada em cobertura (REUNIÃO..., 2010). Na prática, ocorrem, porém, situações bastante contrastantes: em um extremo, produtores iniciam a irrigação poucos dias após a emergência do arroz (estádio de duas a três folhas)

e em outro, a irrigação definitiva é postergada até próximo do início da fase reprodutiva, com várias outras possibilidades intermediárias. Cada um desses manejos de água requer a adoção de práticas culturais específicas, com efeitos distintos sobre o ambiente de cultivo e o desempenho da cultura. Este fato pode influenciar a disponibilidade de nutrientes para o arroz, em razão na variação do período de inundação do solo, requerendo adequações nas recomendações de adubação para a cultura.

A inundação do solo propicia um ambiente particular para o crescimento e a nutrição da planta de arroz, que difere amplamente daquele existente em solos bem drenados. A saturação por água altera o equilíbrio dos elementos e compostos presentes no solo, devido ao desencadeamento de uma série de transformações físicas, químicas, eletroquímicas e biológicas (SOUSA et al., 2006). Alguns nutrientes, que não se encontram em formas prontamente disponíveis em um ambiente bem drenado, tornam-se disponíveis sob condições de inundação. Esse efeito é muito importante para o fósforo e o potássio, para os quais a resposta da planta de arroz à adubação é relativamente baixa (SCIVITTARO; MACHADO, 2004; SCIVITTARO; GOMES, 2009). O aumento na disponibilidade de fósforo na solução de solos inundados deve-se aos seguintes fatores: liberação do fósforo da matéria orgânica, redução de fosfatos férricos a formas ferrosas mais solúveis, hidrólise de fosfatos de ferro e de alumínio causada pelo aumento do pH de solos ácidos e liberação do fósforo adsorvido nas argilas ou nos hidróxidos de ferro e de alumínio, por troca aniônica (PONNAMPERUMA, 1972; 1977; SANCHEZ SANCHEZ, 1980). Já a maior disponibilidade de potássio sob inundação se deve ao aumento da difusão, ao deslocamento do nutriente dos sítios de troca para a solução do solo, pelos cátions NH_4^+ , Fe^{2+} e Mn^{2+} (MACHADO, 1985), e à liberação de potássio das frações não trocável e estrutural (CASTILHOS; MEURER, 1999a, 1999b; CASTILHOS et al., 1999). Contrariamente, o nitrogênio na forma nítrica fica sujeito a perdas por desnitrificação (VAHL; SOUSA, 2004) e, eventualmente, por lixiviação. Em consequência, a disponi-

bilidade do nutriente para as plantas de arroz pode ser reduzida pelo alagamento, embora o nitrogênio na forma amoniacal seja mantido no solo após a submersão (BEYROUTY et al., 1994).

Os cátions cálcio e magnésio, embora não participem diretamente das reações de oxirredução em solos inundados, têm a solubilidade aumentada em razão do deslocamento para a solução do solo pelo manganês e, principalmente, pelo ferro, que ocupa proporção considerável dos sítios de troca (SOUSA et al., 2006). A submersão do solo, também, pode influenciar a disponibilidade de enxofre, pela redução do sulfato a sulfeto, o que se processa em sequência à redução do ferro. A dinâmica da redução é dependente de atributos do solo (VAHL; SOUSA, 2004). Em solos ácidos, que predominam nas regiões arrozeiras do Rio Grande do Sul (ANGHINONI et al., 2004), os teores de sulfato solúvel em água diminuem lentamente, podendo permanecer durante alguns meses após o início do alagamento. O sulfeto formado, por sua vez, pode reagir com hidrogênio, formando gás sulfídrico, que é tóxico às plantas de arroz, ou reagir com metais pesados, como ferro, zinco e cobre, diminuindo sua disponibilidade (VAHL; SOUSA, 2004).

Também os micronutrientes podem ter a sua disponibilidade influenciada pelo manejo da água para o arroz. As concentrações de manganês e ferro são aumentadas pelo alagamento do solo; embora benéficos para o arroz, em determinadas situações, os níveis atingidos podem ser tóxicos, prejudicando as plantas. A afinidade com que cobre e zinco formam compostos de baixa solubilidade, como hidróxidos, carbonatos e sulfetos, justifica a redução de sua concentração na solução de solos alagados. Em solos ácidos, isso é atribuído, ainda, à adsorção desses elementos aos colóides orgânicos, em resposta à elevação do pH (SOUSA et al., 2006).

Pelo exposto, realizou-se o presente trabalho, que teve por objetivo determinar o efeito da época de início de irrigação sobre a absorção de nutrientes pelo arroz.

Material e Métodos

O estudo foi realizado em duas safras agrícolas consecutivas (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), apresentava as seguintes características químicas, na profundidade de 0-20 cm, por ocasião da implantação do primeiro e segundo cultivos de arroz, respectivamente: argila: 190 g dm⁻³; pH(água): 5,8 e 5,6; 12 e 14 g dm⁻³ de MO; 13,3 e 12,8 mg dm⁻³ de P; 59 e 51 mg dm⁻³ de K; 0,0 e 0,1 cmol_c dm⁻³ de Al; 6,5 e 6,2 cmol_c dm⁻³ de Ca + Mg e 9,1 e 10,1 cmol_c dm⁻³ de CTC. Nas duas safras, os teores de matéria orgânica, fósforo e 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 épocas de início de irrigação por inundação do solo para o arroz, precoce, média e tardia. Em ambas as safras, as duas primeiras épocas de início de irrigação corresponderam aos estádios de duas a três folhas (V2-V3) e de quatro a cinco folhas (V4-V5). A terceira época de início de irrigação foi antecipada do estádio de sete a oito folhas (V7-V8), adotado na safra 2007/08, para o de seis a sete folhas (V6-V7), na safra 2008/09. Essas épocas de início de irrigação corresponderam a 14, 21 e 43 dias após a emergência (DAE), em 2007/08, e a 7, 13 e 36 DAE, em 2008/09. A supressão da irrigação ocorreu na maturação de colheita (estádio R9). Durante o período de irrigação, foi mantida uma espessura de lâmina de água uniforme de cerca de 7,5 cm. Para o acompanhamento dos estádios de desenvolvimento das plantas de arroz utilizou-se, como referência, a escala proposta por Counce et al. (2000).

Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso com três e quatro repetições, na primeira e segunda safras, respectivamente. As unidades experimentais apresentaram dimensões de 10 m x 10 m, sendo individualizadas por taipas.

Em ambas as safras, o arroz foi implantado em sistema convencional de preparo do solo. As semeaduras foram realizadas em 17/11/2007 e em 9/12/2008, utilizando-se um espaçamento entre linhas de 17,5 cm e densidades de semeadura de 120 e 100 kg ha⁻¹ de sementes viáveis na primeira e segunda safras, respectivamente.

Utilizou-se a cultivar de arroz irrigado BRS Querência, de ciclo precoce, cerca de 110 dias da emergência à maturação completa dos grãos. A adubação para o arroz foi estabelecida seguindo indicações da SOSBAI (CONGRESSO..., 2007), considerando-se uma expectativa de incremento de produtividade de 4 t ha⁻¹. Essa consistiu na aplicação, por ocasião da semeadura, de 250 kg ha⁻¹ da formulação 5-20-20, na safra 2007/08, e de 280 kg ha⁻¹ de 5-25-25, na safra 2008/09. Em cobertura, realizaram-se, ainda, duas aplicações de 55 kg ha⁻¹ de N, como ureia. A primeira adubação em cobertura foi realizada em solo seco imediatamente antes do início da irrigação, de acordo com os tratamentos, e a segunda, na diferenciação da panícula, estágio R1, sobre a lâmina de água. O controle de plantas daninhas e os demais tratamentos culturais seguiram as indicações da pesquisa para a cultura de arroz irrigado (CONGRESSO..., 2007).

Na maturação de colheita (estádio R9), avaliou-se o efeito dos tratamentos sobre a acumulação de nutrientes pelo arroz. Para tanto, coletaram-se, de cada parcela experimental, amostras em duplicata 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 com circulação forçada de ar a 65 °C, para determinação da produção de matéria seca. Após, foram amostradas e moídas, determinando-se os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) no tecido foliar, seguindo procedimentos descritos 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 e, quando significativa em nível de 5%, procedeu-se à comparação das médias de épocas de início de irrigação no arroz irrigado pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Resultados e Discussão

Os resultados de quantidades de macronutrientes acumuladas nos colmos e folhas e exportadas pelos grãos de arroz, em função da época de início de irrigação, da safra 2007/08, são apresentados nas Tabelas 1 e 2, e os da safra 2008/09, nas Tabelas 3 e 4.

No primeiro ano agrícola, determinou-se efeito da época de início de irrigação sobre as quantidades de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e enxofre acumuladas nos colmos e folhas do arroz (Tabela 1), sendo que os tratamentos com início de irrigação precoce (V2-V3) e no início do perfilhamento (V4-V5) apresentaram maior acumulação de nutrientes que aquele com início tardio da irrigação (V7-V8). O comportamento observado reflete a maior produção de matéria seca da parte aérea dos tratamentos com irrigação iniciada até o início do perfilhamento (dados não apresentados) e o aumento na disponibilidade de nutrientes proporcionado pelo estabelecimento antecipado da condição de redução do solo (SOUSA et al., 2006). Tais resultados coincidem com aqueles descritos por Wielewicki et al. (1998) que, no Rio Grande do Sul, reportaram maior produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo arroz irrigado aos 15 dias após a emergência (DAE), comparativamente àquele irrigado aos 35 DAE. Também Beyrouy et al. (1994), em estudo realizado em Arkansas (EUA), verificaram redução na acumulação de nutrientes pelo arroz em decorrência do atraso no início da irrigação para o estágio de diferenciação da panícula, atribuindo-a à diminuição da produção de matéria seca da parte aérea e à menor disponibilidade de nutrientes no solo. Contrariamente, Scivittaro et al. (2006) reportaram benefício do atraso no início da irrigação em até três semanas após o início do perfilhamento sobre a nutrição do arroz cv. BRS 7 'Taim', atribuindo esse efeito à menor incidência de bicheira-da-raiz (*Oryzophagus oryzae*), cujos danos ao sistema radicular das plantas foram tanto maiores quanto mais precoce a submersão do solo.

Tabela 1. Nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre acumulados nos colmos e folhas do arroz, em função da época de início de irrigação. Safra 2007/08. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS.

Início de irrigação	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- kg ha ⁻¹ -----					
V2-V3	51,8a	15,1a	165,4a	30,8a	20,3 ^{ns}	8,8a
V4-V5	60,0a	14,6a	164,8a	32,2a	23,4	10,0a
V7-V8	26,5b	7,9b	135,0b	21,8b	16,2	3,9b
Média	46,1	12,6	155,1	28,2	20,0	7,6
CV, %	17,8	16,8	5,5	8,4	12,0	10,7

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

Na safra (2007/08), os dados de exportação de nutrientes pelos grãos acompanharam aqueles descritos para nutrientes acumulados nos colmos e folhas. À exceção do enxofre, o atraso na submersão do solo proporcionou redução nas quantidades de nutrientes exportadas pelos grãos. Para N, P e K não houve, porém, distinção entre as duas primeiras épocas de início de irrigação. Já para o cálcio, sobressaiu-se o efeito da irrigação antecipada para V2-V3, que proporcionou maior exportação do nutriente, relativamente às demais épocas de entrada de água. Quanto ao magnésio, houve redução gradativa nas quantidades exportadas pelos grãos com o atraso na época de início de irrigação (Tabela 2). Tais resultados refletem, basicamente, a maior produção de matéria seca e disponibilidade de nutrientes decorrente da antecipação da entrada de água na lavoura de arroz.

Tabela 2. Nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre exportados pelos grãos de arroz, em função da época de início de irrigação. Safra 2007/08. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS.

Início de irrigação	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- kg ha ⁻¹ -----					
V2-V3	79,5a	34,5a	59,8a	3,9a	13,5a	6,1 ^{ns}
V4-V5	78,1a	30,2ab	48,0a	2,9b	11,4b	5,6
V7-V8	57,2b	27,2b	34,3b	2,5b	8,5c	4,3
Média	71,6	30,6	47,4	3,1	11,1	5,3
CV, %	9,2	8,3	12,4	12,1	2,8	15,1

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

Em 2008/09, a época de início de irrigação influenciou a acumulação de nitrogênio, potássio, magnésio e enxofre nos colmos e folhas (Tabela 3) e a exportação de P, K e Mg pelos grãos de arroz (Tabela 4). Divergindo do que se verificou no ano anterior, o atraso da irrigação para V6-V7 proporcionou maior acumulação de N, K, Mg e S na parte aérea das plantas de arroz, em comparação às demais épocas de entrada de água (Tabela 3). Esse efeito não se manifestou nas quantidades de macronutrientes exportadas pelos grãos, que, para fósforo, potássio e magnésio, diminuíram com o atraso na irrigação (Tabela 4). Dois fatores explicam esse decréscimo: a menor produção de massa seca e a disponibilidade desses nutrientes no solo (SOUSA et al., 2006).

Ainda com relação às Tabelas 1 a 4, destacam-se as quantidades elevadas de macronutrientes absorvidas pela planta de arroz, particularmente N, P e K, que, em algumas situações, superaram aquelas normalmente fornecidas à cultura, via adubação, indicando que parte considerável dos nutrientes utilizados pelo arroz são supridos pelo meio de cultivo, incluindo o solo, a água de irrigação e os resíduos de cultivos anteriores. Em ambos os anos, o potássio foi o nutriente absorvido em maior quantidade pelo arroz, seguido do nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre. Por sua vez, a exportação de macronutrientes pelos grãos decresceu na seguinte ordem: N > K > P > Mg > S > Ca. Os resultados obtidos aproximam-se daqueles reportados por Reis et al. (2005), que, na média de três cultivares de arroz, verificaram exportação pelos grãos de 60% do nitrogênio, 59% do fósforo, 47% do enxofre, 23% do magnésio, 19% do cálcio total e 15% do potássio total da parte aérea.

Tabela 3. Nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre acumulados nos colmos e folhas do arroz, em função da época de início de irrigação. Safra 2008/09. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS.

Início de irrigação	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- kg ha ⁻¹ -----					
V2-V3	46,1b	13,3 ^{ns}	106,2b	27,0 ^{ns}	15,6b	8,6b
V4-V5	47,4b	13,8	115,2b	26,3	17,0b	10,7ab
V6-V7	62,1a	20,9	135,2a	26,4	24,8a	13,2a
Média	55,2	16,0	118,9	26,6	19,1	10,8
CV, %	22,1	29,0	20,2	18,0	21,7	15,0

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 exportados pelos grãos de arroz, em função da época de início de irrigação. Safra 2008/09. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS.

Início de irrigação	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- kg ha ⁻¹ -----					
V2-V3	79,1 ^{ns}	33,6a	67,7a	3,1 ^{ns}	15,1a	7,9 ^{ns}
V4-V5	75,4	30,0ab	67,2a	3,5	15,1a	7,3
V6-V7	77,8	25,4b	54,8b	2,6	11,1b	7,0
Média	77,4	29,7	63,2	3,0	13,8	7,4
CV, %	8,4	11,6	9,1	19,3	11,2	9,4

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

Entre as safras, apenas as quantidades de potássio na parte aérea do arroz apresentaram variações representativas, sendo as quantidades do nutriente acumuladas nos colmos e folhas e exportadas pelos grãos superiores em 2008/09, refletindo maior disponibilidade no meio de cultivo, proporcionada por adubação mais pesada. Também os resíduos culturais do ano anterior podem ter contribuído para a maior disponibilidade do nutriente, visto que a manutenção da palhada restitui ao solo entre 80% e 90% do potássio absorvido pelo arroz (SCIVITTARO; MACHADO, 2004).

Apenas na primeira safra agrícola (2007/08) a variação na época de início de irrigação influenciou a absorção de micronutrientes pelo arroz, sendo a acumulação de boro, ferro e manganês nos colmos e folhas maior nos tratamentos em que a entrada de água ocorreu até o início do perfilhamento das plantas (estádio de quatro a cinco folhas), relativamente à época mais tardia de início de irrigação (V7-V8) (Tabela 5). Este resultado está associado à produção de matéria seca das plantas em resposta à variação na época de início de irrigação, visto que os teores de nutrientes na planta pouco variaram entre os tratamentos (dados não apresentados), muito embora a antecipação da submersão do solo seja uma situação favorável ao aumento da disponibilidade de ferro e manganês no solo (SOUSA et al., 2006). Beyrouty et al. (1994), no Arkansas (EUA), verificaram redução na absorção de Mn e Zn pelo arroz quando do atraso da irrigação para o início da fase reprodutiva. Quanto ao boro, este nutriente tem a sua disponibilidade aumentada pela elevação do pH (McBRIDE, 1994), decorrente do estabelecimento da condição de redução.

Tabela 5. Boro, cobre, ferro, manganês e zinco acumulados nos colmos e folhas do arroz, em função da época de início de irrigação. Safra 2007/08. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS.

Início de irrigação	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- g ha ⁻¹ -----				
V2-V3	63a	39 ^{ns}	6602a	1899a	216 ^{ns}
V4-V5	69a	40	5465a	2080a	246
V7-V8	57b	35	1698b	1188b	156
Média	63	38	4588	1722	206
CV, %	4,1	17,3	17,8	6,6	26,0

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

Ainda na safra 2007/08, determinou-se redução nas quantidades de B, Cu, Fe, Mn e Zn exportadas pelos grãos de arroz em resposta ao atraso no início da irrigação; de forma geral, as diferenças mais marcantes ocorreram para o tratamento com irrigação mais tardia (V7-V8) (Tabela 6). Para estas variáveis, além da menor produção de matéria seca, o efeito observado reflete a menor concentração desses nutrientes no tecido vegetal dos grãos.

Na segunda safra acompanhada (2008/09), não se determinou efeito da época de início de irrigação sobre as quantidades de micronutrientes acumuladas nos colmos e folhas e exportadas pelos grãos de arroz (Tabelas 7 e 8). Atribui-se esse resultado à menor variação na produção de matéria seca entre os tratamentos, particularmente dos grãos, bem como à pequena variação nos teores de micronutrientes na matéria seca, o que é indicativo de que a época de início de irrigação exerce pouca influência sobre a absorção de micronutrientes pelo arroz.

Tabela 6. Boro, cobre, ferro, manganês e zinco exportados pelos grãos de arroz, em função da época de início de irrigação. Safra 2007/08. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS.

Início de irrigação	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- g ha ⁻¹ -----				
V2-V3	41a	28a	992a	848a	174a
V4-V5	32b	24a	618b	662a	152b
V7-V8	6c	6b	258c	273b	61c
Média	26	19	622	594	129
CV, %	15,8	24,7	21,9	15,8	2,6

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 acumulados nos colmos e folhas do arroz, em função da época de início de irrigação. Safra 2008/09. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS.

Início de irrigação	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- g ha ⁻¹ -----				
V2-V3	48 ^{ns}	23 ^{ns}	1836 ^{ns}	1126 ^{ns}	175 ^{ns}
V4-V5	43	20	1637	1388	181
V7-V8	47	21	1758	1255	243
Média	46	21	1744	1256	200
CV, %	14,6	25,2	31,1	24,7	33,0

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

Tabela 8. Boro, cobre, ferro, manganês e zinco exportados pelos grãos de arroz, em função da época de início de irrigação. Safra 2008/09. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS.

Início de irrigação	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- g ha ⁻¹ -----				
V2-V3	29 ^{ns}	14 ^{ns}	483 ^{ns}	586 ^{ns}	149 ^{ns}
V4-V5	32	13	374	634	134
V7-V8	27	12	281	507	115
Média	29	13	379	576	132
CV, %	11,4	37,0	29,7	35,3	32,4

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

Conclusões

A época de irrigação exerce pequeno efeito sobre a absorção de nutrientes pelo arroz; seu atraso além do início do perfilhamento reduz a absorção dos macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, bem como dos micronutrientes boro, ferro e manganês.

Referências

ANGHINONI, I.; GENRO JÚNIOR, S. A.; SILVA, L. S. da; BOHNEN, H.; RHEINHEIMER, D. S.; OSÓRIO FILHO, B. D. ; MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, E. **Fertilidade dos solos cultivados com arroz irrigado no Rio Grande do Sul**. Cachoeirinha: IRGA, 2004. 52 p. (Boletim Técnico, 1).

BEYROUTY, C. A.; GRIGG, B. C.; NORMAN, R. J.; WELLS, B. R. Nutrient uptake by rice in response to water management. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 17, p. 39-55, 1994.

CASTILHOS, R. M. V.; MEURER, E. J. Formas de potássio em solos do RS, cultivados com arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1999, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999a. p. 326-329.

CASTILHOS, R. M. V.; MEURER, E. J. Suprimento de potássio para o arroz alagado, em solos do RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1999, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999b. p. 334-337.

CASTILHOS, R. M. V.; MEURER, E. J.; PINTO, L. F. S. Minerais fontes de potássio em dois planossolos do RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1999, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 330-333.

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 2008/2009, nono levantamento: junho/2009.** Brasília, 2009. 39 p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/9graos_08.09.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2009.

CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 5.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 27., 2001, Pelotas, RS.. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil.** Pelotas: SOSBAI, 2007. 154 p.

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.

GOMES, A. da S.; PAULETTO, E. A.; FRANZ, A. F. H. Uso e manejo da água em arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de. (Ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 417-455.

MACHADO, M. O. Caracterização e adubação do solo. In: **FUNDAMENTOS para a cultura do arroz irrigado.** Campinas: Fundação Cargill: EMBRAPA-CPATB, 1985. p. 129-179.

McBRIDE, M. B. **Environmental chemistry of soils.** New York: Oxford University, 1994. 406 p.

PONNAMPERUMA, F. N. **Physico-chemical properties of submerged soils in relation to fertility**. Los Baños: International Rice Research Institute, 1977. 32 p. (Research Paper Series, 5).

PONNAMPERUMA, F. N. The chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**, New York, v. 24, p. 29-96, 1972.

REIS, M. de S.; SOARES, A. A.; SOARES, P. C.; CORNÉLIO, V. M. de O. Absorção de N, P, K, Ca, Mg e S pelo arroz irrigado influenciada pela adubação nitrogenada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 707-713, jul/ago, 2005.

REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 28., 2010, Bento Gonçalves, RS. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Porto Alegre: SOSBAI, 2010. 188 p.

SANCHEZ SANCHEZ., L. F. Aspectos sobre suelos y fertilización del arroz de riego con énfasis en Colombia. **Arroz**, Bogotá, v. 29, n. 309, p. 22-31, 1980.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRE-RAS, 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.; GOMES, A. da S. Manejo da água e do nitrogênio na produção de arroz irrigado. In: WORKSHOP INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NO BIOMA PAMPA, 1., 2009. Pelotas, RS. **Palestras...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 1 CD-ROM.

SCIVITTARO, W. B.; GOMES, A. da S.; MARTINS, J. F. da S.; STEINMETZ, S. Manejo da água e da adubação nitrogenada para a cultura do arroz irrigado. In: GOMES, A. da S. (Ed.). **Novos horizontes para**

a sustentabilidade da lavoura orizícola do Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. p. 41-96.

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: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 259-303.

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.

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: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 97-118.

WIELEWICKI, A.; MARCHEZAN, E.; STORCK, L. Absorção de nutrientes pelo arroz em resposta à calagem e a época de início da irrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 1. p. 17-21, 1998.

