

Absorção de Nutrientes Pelo Arroz Irrigado por Aspersão



ISSN 1678-2518

Dezembro, 2012

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

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 176

Absorção de Nutrientes pelo Arroz Irrigado por Aspersão

Walkyria Bueno Scivittaro

José Maria Barbat Parfitt

Elsa Kuhn Klumb

Pricila Santos da Silva

Pelotas, RS

2012

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) 3275-8267

Home page: www.cpact.embrapa.br

E-mail: cpact.sac@embrapa.br

Comitê Local de Publicações

Presidente: Ariano Martins de Magalhães Júnior

Secretária-Executiva: Bárbara Chevallier Cosenza

Membros: Márcia Vizzotto, Ana Paula Schneid Afonso, Luis Antônio Suita de Castro,

Flávio Luiz Carpena Carvalho.

Suplentes: Isabel Helena Verneti Azambuja, Beatriz Marti Emygdio

Supervisão editorial: Antônio Luiz Oliveira Heberlê

Revisão de texto: Francisco Silva Lima

Normalização bibliográfica: Fábio Lima Cordeiro

Editoração eletrônica e capa: Renata Abreu Serpa(estagiária)

1a edição

1a impressão (2012): 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).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Clima Temperado

Absorção de nutrientes pelo arroz irrigado por aspersão / Walkyria Bueno Scivittaro et al. – Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2013.

29 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Clima Temperado, ISSN 1678-2518,176)

1. Oryza sativa L. 2. Irrigação por aspersão. 3. Nutrição. 4. Macronutriente. 5. Micronutriente. I. Scivittaro, Walkyria Bueno. II. Parfitt, José Maria Barbat. III. Klumb, Elsa Kuhn. IV. Silva, Pricila Santos da. V. Série.

CDD 633.18

© Embrapa 2012

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	12
Resultados e Discussão	14
Conclusões	24
Referências	24

Absorção de Nutrientes pelo Arroz Irrigado por Aspersão

Walkyria Bueno Scivittaro¹

José Maria Barbat Parfitt²

Elsa Kuhn Klumb³

Pricila Santos da Silva⁴

Resumo

A redução no uso da água é uma prioridade do setor orizícola no Rio Grande do Sul. Por essa razão, a pesquisa tem buscado sistemas de irrigação/manejos alternativos da água para o arroz, visando à otimização no uso desse recurso natural. Dentre esses, destaca-se, pela elevada eficiência, o sistema de irrigação por aspersão. No entanto, o método de irrigação por aspersão pode interferir na absorção de nutrientes pelo arroz em razão de mudanças nas condições de oxirredução do solo, relativamente ao tradicional sistema inundado. Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de sistemas de irrigação e manejos da água sobre a absorção de nutrientes pelo arroz. O experimento foi realizado na safra agrícola 2011/2012, em Planossolo Háplico, na Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS, utilizando-se a cultivar de arroz irrigado BRS Querência. Estabeleceram-se dois manejos da água para o sistema inundado: irrigação por inundação com manutenção de lâmina de água média de 7,5 cm e irrigação por inundação com manutenção de lâmina de água inferior a 1 cm (solo saturado); e três manejos para o arroz irrigado por aspersão (sistema linear móvel): irrigação por aspersão quando a

¹Engenheira-agrônoma, Doutora, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, walkyria.scivittaro@embrapa.br.

²Engenheiro-agrícola, Doutor, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, jose.parfitt@embrapa.br.

³Acadêmica de Ciências Biológicas da UCPel, Pelotas, RS, elsakk91@yahoo.com.br.

⁴Acadêmica de Agronomia da UFPel, Pelotas, RS, pricilassilva@hotmail.com.

tensão de água no solo atingia 20 kPa, irrigação por aspersão quando a tensão de água no solo atingia 40 kPa, na fase vegetativa, e 20 kPa, na fase reprodutiva; e irrigação por aspersão quando a tensão de água no solo atingia 40 kPa. Avaliou-se a absorção de fósforo, potássio, cobre, ferro, manganês e zinco pelo arroz nos estádios de oito folhas, diferenciação da panícula, antese e maturação. O sistema de irrigação por inundação, particularmente com a manutenção de lâmina de água, favoreceu a absorção de fósforo e de potássio pelo arroz, relativamente à irrigação por aspersão. A absorção dos micronutrientes cobre, ferro, manganês e zinco pelo arroz também foi influenciada pelo manejo da água, porém não interferiu no desempenho da cultura, em razão da suficiência desses nutrientes no solo. O sistema de irrigação/manejo da água influencia a absorção de nutrientes pelo arroz nas fases vegetativa e reprodutiva. O efeito mais marcante ocorre para os nutrientes fósforo e potássio, cuja absorção é reduzida no sistema irrigado por aspersão, requerendo suplementação nas doses indicadas para a adubação.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., irrigação por aspersão, nutrição, macronutriente, micronutriente.

Absorption of Nutrients by Rice Irrigated with a Sprinkler System

Abstract

The reduction in water use is one of the priorities of the rice productive sector in Rio Grande do Sul State, Brazil. Consequently, alternative irrigation systems and water managements have been proposed, aiming to optimize the use of this natural resource by rice crop. Among available alternatives, the sprinkler irrigation system stands out for the high efficiency. However, the sprinkler method may interfere with nutrients absorption by rice, due to changes in the redox conditions of the soil compared to traditional flooded system. This study aimed to evaluate the effect of irrigation systems and water managements on nutrients absorption by rice crop. The experiment was carried out during the 2011/2012 growing season, 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. It was used lowland rice cultivar BRS Querência. The treatments comprised two water managements for flooded system: flood irrigation with maintenance of an average water depth of 7.5 cm and flood irrigation with maintenance of water depth < 1.0 cm (saturated soil); and three water managements for rice sprinkler irrigation (mobile linear system): sprinkler irrigation when soil water tension reached 20 kPa, sprinkler irrigation

when soil water tension reached 40 kPa, in the vegetative phase, and 20 kPa, in the reproductive phase; and sprinkler irrigation when soil water tension reached 40 kPa. We evaluated phosphorus, potassium, copper, iron, manganese and zinc absorption by rice at 8- leaf, panicle differentiation, anthesis, and maturation stages. Flood irrigation, especially with water depth maintenance, favored the absorption of phosphorus and potassium by rice relative to sprinkler irrigation. The absorption of micronutrients copper, iron, manganese and zinc by rice was also influenced by water management, but it did not affect yield performance of the rice crop, due to the sufficiency of these nutrients in the soil. The irrigation system/water management influences nutrient absorption by rice in the vegetative and reproductive stages. The effect is more important for phosphorus and potassium, which absorption is reduced in sprinkler irrigation system, requiring supplement in doses suitable for fertilization.

Index terms: *Oryza sativa L., sprinkler irrigation system, nutrition, macronutrient, micronutrient.*

Introdução

A água é um recurso natural essencial para a agricultura. Porém, é inegável o cenário de escassez que se delineia, decorrente da demanda crescente dos setores urbano, industrial e agrícola, bem como da disponibilidade irregular, variando ao longo do ano, entre os anos e de uma região para outra. Disto evidencia-se a impossibilidade de utilização indefinida dos recursos hídricos, requerendo o estabelecimento de estratégias para sua conservação, com a definição de critérios de uso para as atividades produtivas.

No segmento agrícola, a orizicultura irrigada destaca-se pela elevada demanda de água. No Brasil, esta atividade produtiva está concentrada na região Sul, particularmente no Estado do Rio Grande do Sul, que responde por mais de 65% da produção nacional de arroz e apresenta produtividade elevada (CONAB, 2012).

No Rio Grande do Sul, a lavoura arrozeira vivencia há alguns anos conflitos quanto ao uso da água (MACHADO, 2003). Em decorrência, tornou-se consenso, junto ao meio científico, que o desenvolvimento e a sustentabilidade da atividade orizícola no Estado 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.

As primeiras iniciativas da pesquisa para reduzir o uso de água pelo arroz concentraram-se no aprimoramento do método de irrigação por inundação. Nos últimos anos, essa visão sofreu alterações, com o reconhecimento da comunidade científica de que a economia de água no cultivo de arroz inundado está chegando ao limite, devendo-se procurar alternativas ainda mais eficientes.

Fisiologicamente, o arroz é uma planta subaquática adaptada ao

ambiente inundado (GOMES; AZAMBUJA, 2003), podendo ser cultivada sem inundação, desde que manejada corretamente. Pesquisas preliminares indicam potencial de economia de água superior a 50% do arroz irrigado por aspersão, relativamente ao sistema inundado (CONCENÇO et al., 2009a). Isto   verificado ao se compararem os resultados de pesquisas realizadas na região da Fronteira Oeste do Estado por Scivittaro et al. (2009), que determinaram para o arroz irrigado por inundação do solo eficiência de uso da água variando de 5,5 kg a 7,1 kg ha⁻¹ mm⁻¹ de água aplicada, com os de Concenço et al. (2009b), que avaliaram o arroz irrigado por aspersão, determinando eficiência de uso da água aplicada de 15,8 kg ha⁻¹ mm⁻¹. Esses resultados indicam que a demanda hídrica do arroz irrigado por inundação   maior e mais variável, comparativamente ao sistema de aspersão.

A despeito dos possíveis benefícios em economia de água resultantes da adoção do sistema de irrigação por aspersão para o arroz, esse manejo pode requerer adequações em práticas de manejo da cultura, particularmente na adubação e no manejo integrado de pragas. No caso da adubação, o sistema de irrigação por aspersão pode influenciar a disponibilidade de nutrientes para a cultura, em razão da alteração no estado de redução do solo, em relação ao tradicional sistema inundado, podendo ser necessárias adequações nas recomendações de adubação para a cultura, originalmente estabelecidas para o sistema inundado (SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO, 2012).

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 num ambiente bem drenado, tornam-se disponíveis

sob condições de inundação. Esse efeito é muito importante para o fósforo e o potássio, cuja 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, 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).

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 que, embora benéficos para o arroz, em determinadas situações, os níveis atingidos podem ser tóxicos, prejudicando as plantas. A afinidade de cobre e zinco formarem 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 absorção desses elementos aos coloides orgânicos, em resposta à elevação do pH (SOUSA et al., 2006).

Pelo exposto, realizou-se o presente trabalho, que teve por objetivo avaliar o efeito de sistema de irrigação/manejo da água sobre a absorção de nutrientes pelo arroz, com vistas a verificar a necessidade de adequação do manejo da adubação para o sistema irrigado por aspersão.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na safra 2011/2012, em duas áreas adjacentes, com mesmo solo Planossolo Háplico (SANTOS et al., 2006), na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado(ETB), em Capão do Leão, RS. Uma área abrigou três tratamentos de manejo da água para o arroz irrigado por aspersão, em sistema linear móvel, e a outra, dois tratamentos de irrigação por inundação do solo, utilizados como comparação. Por ocasião da implantação do experimento, a interpretação dos resultados da análise química do solo indicou, respectivamente, teores de matéria orgânica, fósforo disponível e potássio extraível baixo, médio e médio, para a área irrigada por aspersão, e tores baixo, alto e alto para a área irrigada por inundação (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004).

Na área irrigada por inundação, foram estabelecidos dois manejos da água para o arroz: irrigação por inundação com manutenção de lâmina de água média de 7,5 cm, no período compreendido entre os estádios de quatro folhas (V4) e a maturação de colheita (R9) (inundado); e irrigação por inundação com manutenção do solo saturado (lâmina inferior a 1 cm) entre V4 e R9 (solo saturado). Já no sistema irrigado por aspersão, foram avaliados três manejos da água para o arroz: irrigação por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 20 kPa durante todo o ciclo da cultura, ou seja, da emergência (E) à maturação de colheita (R9) (20 kPa); irrigação por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 40 kPa, durante a fase vegetativa, ou seja, da emergência (E) até a diferenciação da panícula (R1) e sempre que a tensão de água no solo atingia 20 kPa, durante a fase reprodutiva, ou seja, de R1 a R9 (40 kPa / 20 kPa); e irrigação por aspersão sempre que a leitura média da tensão de água no solo atingia 40 kPa da E a R9 (40 kPa). Os tratamentos foram delineados em blocos ao acaso, com cinco repetições. As unidades experimentais apresentaram dimensões 10 m x 10 m.

No sistema de irrigação por aspersão, o acompanhamento da tensão

de água do solo foi feito por meio de dez sensores watermark®, instalados na camada de 0 cm a 10 cm de profundidade. Nas irrigações, aplicaram-se lâminas de água de 6 mm, na fase vegetativa, e de 9 mm, na fase reprodutiva. No sistema inundado com manutenção de lâmina de água, o controle da necessidade de irrigação foi determinado pela leitura diária da altura da lâmina de água, procedendo-se irrigação sempre que a redução na altura da lâmina tenha sido superior a 1 cm. No tratamento com manutenção de solo saturado, as irrigações foram realizadas de forma a manter uma lâmina de água inferior a 1 cm.

Em ambas as áreas, o manejo da adubação foi estabelecido a partir dos resultados da análise de solo e das exigências nutricionais do arroz irrigado (SOSBAI, 2010), consistindo na aplicação de 350 kg e 250 kg ha⁻¹ da formulação 5-20-20 para os sistemas irrigados por aspersão e por inundação, respectivamente. Esse fertilizante foi aplicado a lanço e incorporado com grade, na área sob irrigação por inundação, e de forma localizada, nos sulcos de semeadura, na área irrigada por aspersão, uma vez que a produção de arroz irrigado por aspersão pressupõe a adoção de sistema de plantio direto e rotação de culturas.

A semeadura do arroz, cultivar BRS Querência, foi realizada na primeira semana de novembro, utilizando-se sistema convencional de preparo do solo, para o arroz irrigado por inundação, e plantio direto sobre resteva de vegetação espontânea, para o arroz irrigado por aspersão. Utilizou-se um espaçamento entre linhas de 17,5 cm e 120 kg ha⁻¹ de sementes viáveis. Para o acompanhamento dos estádios de desenvolvimento das plantas, utilizou-se como referência a escala de Counce et al. (2000). Os demais tratos culturais seguiram indicações da SOSBAI (2010).

Em ambas as áreas experimentais, foram realizadas amostragens de plantas para a determinação da produção de matéria seca da parte aérea das plantas de arroz nos estádios de oito folhas (V8);

diferenciação da panícula (R1); antese (R4); e maturação de colheita (R9). Esta atividade consistiu na coleta de cinco amostras por sistema de irrigação/manejo da água, da parte aérea das plantas de duas linhas de 0,5 m de comprimento. O material vegetal colhido foi secado em estufa até massa constante e pesado para avaliação da produção de massa seca. Na coleta realizada na maturação, o material vegetal foi separado em colmos e folhas e grãos. Em todas as épocas de coleta, subamostras do material vegetal foram analisadas para a determinação dos teores de fósforo, potássio, cobre, ferro, manganês e zinco (FREIRE, 2001). Com base nesses resultados e nos dados de produção de matéria seca, determinaram-se as quantidades de nutrientes acumuladas na parte aérea das plantas de arroz.

Em cada época de avaliação, os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativa ao nível de 5%, procedeu-se à comparação das médias de sistemas de irrigação/manejo da água para o arroz pelo teste de Tukey a 5%.

Resultados e Discussão

Absorção de fósforo

As concentrações de fósforo no tecido vegetal do arroz praticamente não variaram em função do sistema de irrigação/manejo da água para a cultura (dados não apresentados). No entanto, a absorção do nutriente pelo arroz foi significativamente influenciada por esse fator, particularmente pelo sistema de irrigação, aspersão ou inundação. Nas avaliações realizadas até o início da fase reprodutiva (estádios V8 e R1), maior absorção do fósforo foi determinada para o tratamento com manejo da irrigação por inundação com manutenção de lâmina de água, seguido pelo tratamento com manutenção de solo saturado, que apresentou desempenho intermediário, e finalmente, pelos tratamentos com irrigação por aspersão, que não diferiram entre si. Na antese (estádio R4), o desempenho dos dois tratamentos com irrigação por inundação foi semelhante e superior ao daqueles

irrigados por aspersão. Porém, estes últimos apresentaram algumas variações. Os manejos com menor tensão de água no solo nas fases vegetativa e reprodutiva (20 kPa), ou exclusivamente na fase reprodutiva (40/20 kPa), condicionaram maior absorção de fósforo que o tratamento com maior tensão de água no solo durante todo o período de cultivo do arroz (40 kPa), embora este somente tenha diferido estatisticamente do tratamento 40/20 kPa. Na maturação (estádio R9), a absorção de fósforo pelo arroz separou o efeito dos manejos da água em dois grupos, o primeiro representado pelos tratamentos com sistema de irrigação por inundação, que propiciaram maior absorção do nutriente, e o segundo, pelos tratamentos irrigados por aspersão, com menor absorção do nutriente (Tabela 1).

Tabela 1. Fósforo acumulado na parte aérea das plantas de arroz em diferentes estádios de desenvolvimento, em função do manejo da irrigação. Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão, RS. Safra 2011/12.

Manejo irrigação ¹	V8	R1	R4	R9
	----- kg ha ⁻¹ -----			
Inundação	8a	26a	42a	59a
Saturado	6b	21b	38a	55a
20 kPa	3c	5c	18bc	24b
40 kPa / 20 kPa	3c	6c	22b	31b
40 kPa	3c	6c	12c	25b
CV (%)	19,9	17,8	13,0	21,2

¹Manejo da irrigação para o arroz: inundado [irrigação por inundação com manutenção de lâmina de água de cerca de 7,5 cm entre os estádios de quatro folhas (V4) e a maturação de colheita (R9)]; saturado: irrigação por inundação com manutenção do solo saturado de V4 a R9; 20 kPa: irrigação por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 20 kPa; 40 kPa / 20 kPa: irrigação por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 40 kPa e 20 kPa durante as fases vegetativa e reprodutiva, respectivamente; e 40 kPa: irrigação por aspersão quando a tensão de água no solo atingia 40 kPa.

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

A taxa de absorção de fósforo pelo arroz foi bastante elevada e constante desde o final da fase de perfilhamento (estádio V8) até a

maturação de colheita, nos tratamentos irrigados por inundação do solo. Por sua vez, nos tratamentos irrigados por aspersão, a absorção de fósforo foi menor até a diferenciação da panícula, aumentando entre este estágio e a antese, estágio a partir do qual os incrementos passaram a ser maiores (Figura 1). Os resultados obtidos demonstram que o arroz irrigado por inundação do solo absorve maior quantidade de fósforo, comparativamente ao irrigado por aspersão, principalmente durante a fase vegetativa, e, na fase reprodutiva, até a floração, confirmando observações feitas por Beyrouy et al. (1994), ao trabalharem com a cultivar Tebonnet de arroz irrigado. Este resultado mostra que, sob condições de saturação/inundação do solo, não existe limitação à absorção de fósforo pelo arroz, especialmente durante a fase reprodutiva, em razão do aumento da disponibilidade do nutriente decorrente da redução do solo (SOUSA et al., 2006).

A absorção e acumulação de fósforo na parte aérea das plantas de arroz acompanharam, basicamente, a variação na produção de matéria seca decorrente do manejo da água, que foi em média 30% menor no sistema irrigado por aspersão (dados não apresentados). Por outro lado, a concentração de P no tecido vegetal praticamente não se alterou em resposta ao manejo da água para a cultura. Sims e Place (1968) e Beyrouy et al. (1994) também verificaram relação positiva entre a produção de matéria seca e a absorção de fósforo pelo arroz, diferindo dos resultados obtidos por Obermueller e Mikkelsen (1974), segundo os quais a maior absorção de fósforo pelo arroz esteve associada tanto à maior concentração do nutriente no tecido vegetal, quanto à maior acumulação de matéria seca pela planta.

Tais resultados indicam que os manejos de água praticados no sistema de irrigação por aspersão não suprimiram integralmente a demanda hídrica do arroz, comprometendo o potencial produtivo da cultura. Desta forma, adequando-se o manejo da água para o arroz nesse sistema de irrigação, far-se-á necessária a correção diferenciada de fósforo para o arroz, de forma a compensar a menor

disponibilidade do nutriente no solo.

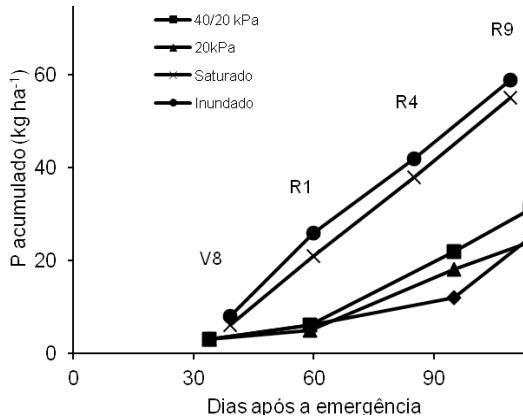


Figura 1. Fósforo acumulado na parte aérea das plantas de arroz em diferentes estádios de desenvolvimento, em função do manejo da irrigação (inundado: irrigação por inundação com manutenção de lâmina de água de cerca de 7,5 cm entre os estádios de quatro folhas (V4) e a maturação de colheita (R9); saturado: irrigação por inundação com manutenção do solo saturado de V4 a R9; 20 kPa: irrigação por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 20 kPa; 40 kPa/20 kPa: irrigação por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 40 kPa e 20 kPa durante as fases vegetativa e reprodutiva, respectivamente; e 40 kPa: irrigação por aspersão quando a tensão de água no solo atingia 40 kPa). Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão, RS. Safra 2011/12.

Absorção de potássio

A concentração de potássio na planta de arroz irrigado por inundação do solo foi cerca de 20% superior que do arroz irrigado por aspersão (dados não apresentados). Acrescenta-se que o teor do nutriente no tecido vegetal diminuiu ao longo do ciclo da cultura, confirmando observações de Sims e Place (1968). As variações nas concentrações de potássio no tecido vegetal, associadas às variações na produção de matéria seca das plantas de arroz, condicionaram diferenças significativas na absorção do nutriente em resposta ao manejo da água para a cultura. De forma geral, os manejos da água por aspersão

proporcionaram menor absorção de potássio em relação aos manejos com inundação. Com exceção do estágio de maturação (R9), em que não se observou variação na absorção de potássio entre os tratamentos irrigados por inundação, nas demais épocas de avaliação, a absorção de potássio foi menor sob solo saturado, que na presença de lâmina de água. Nas avaliações realizadas na diferenciação da panícula e antese, a absorção de potássio pelo arroz irrigado por aspersão diminuiu à medida que a tensão de água do solo aumentou (Tabela 2), indicando que o aumento na quantidade de água favorece a disponibilidade de potássio no solo e, portanto, a absorção do nutriente pelo arroz. Os resultados mostram que a condição de solo reduzido, proporcionada pela irrigação por inundação do solo, aumenta a disponibilidade de potássio do solo e, também, a absorção do nutriente pelo arroz. Isto porque, sob inundação, há maior difusão de potássio no solo, deslocamento do nutriente dos sítios de troca para a solução do solo, pelos cátions NH_4^+ , Fe^{2+} e Mn^{2+} (MACHADO, 1985), e liberação de potássio das frações não-trocável e estrutural (CASTILHOS; MEURER, 1999a, 1999b; CASTILHOS et al., 1999).

Assim como reportado para o fósforo, os resultados de absorção de potássio pelo arroz mostram que, sob sistema de irrigação por aspersão, a disponibilidade de potássio do solo não supriu a demanda do nutriente para o arroz, sendo requerida suplementação da dose fornecida, via adubação.

Tabela 2. Potássio acumulado na parte aérea das plantas de arroz em diferentes estádios de desenvolvimento, em função do manejo da irrigação. Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão, RS. Safra 2011/12.

Manejo irrigação ¹	V8	R1	R4	R9
	----- kg ha ⁻¹ -----			
Inundação	59a	154a	175a	213a
Saturado	48b	125b	154ab	187a
20 kPa	19c	30d	114c	113b

40 kPa / 20 kPa	18c	50c	130bc	138b
-----------------	-----	-----	-------	------

¹Manejo da irrigação para o arroz: inundado [irrigação por inundação com manuten o de lâmina de água de cerca de 7,5 cm entre os estádios de quatro folhas (V4) e a maturação de colheita (R9)]; saturado: irriga o por inunda o com manuten o do solo saturado de V4 a R9; 20 kPa: irriga o por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 20 kPa; 40 kPa / 20 kPa: irriga o por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 40 kPa e 20 kPa durante as fases vegetativa e reprodutiva, respectivamente; e 40 kPa: irriga o por aspersão quando a tensão de água no solo atingia 40 kPa.

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

As taxas de absor o de potássio pelo arroz irrigado por inunda o do solo, com manuten o de lâmina de água ou não (solo saturado), apresentaram comportamento semelhante, distinguindo-se, apenas, na magnitude, sendo que o tratamento com presença de lâmina de água proporcionou valores maiores que aquele com solo saturado apenas. Entre os manejos com irriga o por aspersão, as taxas de absor o de potássio também foram próximas, destacando-se o período compreendido entre a diferencia o da panícula e antese, pela maior absor o do nutriente (Figura 2).

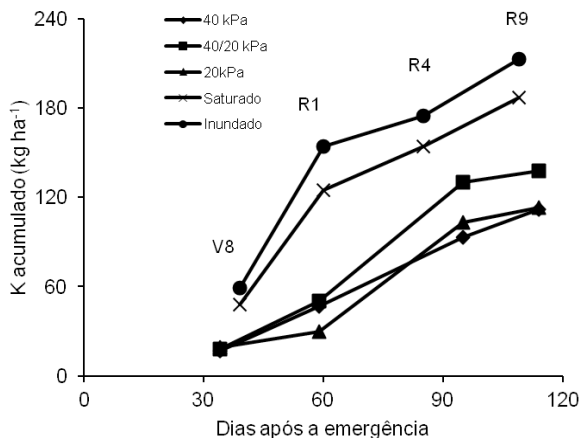


Figura 2. Potássio acumulado na parte aérea das plantas de arroz em diferentes estádios de desenvolvimento, em função do manejo da irrigação (inundado: irrigação por inundação com manutenção de lâmina de água de cerca de 7,5 cm entre os estádios de quatro folhas (V4) e a maturação de colheita (R9); saturado: irrigação por inundação com manutenção do solo saturado de V4 a R9; 20 kPa: irrigação por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 20 kPa; 40 kPa/20 kPa: irrigação por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 40 kPa e 20 kPa durante as fases vegetativa e reprodutiva, respectivamente; e 40 kPa: irrigação por aspersão quando a tensão de água no solo atingia 40 kPa). Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão, RS. Safra 2011/12.

Absorção de micronutrientes

A absorção dos micronutrientes cobre, ferro, manganês e zinco pelo arroz foi influenciada pelo manejo da água. Nas duas primeiras épocas de avaliação, correspondendo aos estádios V8 e R1, de forma geral, os tratamentos com irrigação por inundação proporcionaram maior absorção de micronutrientes, relativamente àqueles irrigados por aspersão. Entre estes, algumas diferenças foram determinadas, com destaque para o tratamento com maior tensão de água (20 kPa), que condicionou menor absorção cobre, ferro, manganês e zinco em R1 (Tabelas 3, 4, 5 e 6), possivelmente associada a variações em atributos químicos do solo. A maior absorção de micronutrientes

metálicos até o início da fase reprodutiva do arroz, quando irrigado por inundação, se justifica pelo aumento da solubilidade desses micronutrientes decorrente do estabelecimento de condições de redução do solo (PATRICK et al., 1985).

Tabela 3. Cobre acumulado na parte aérea das plantas de arroz em diferentes estádios de desenvolvimento, em função do manejo da irrigação. Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão, RS. Safra 2011/12.

Manejo irrigação ¹	V8	R1	R4	R9
	----- kg ha ⁻¹ -----			
Inundação	11a	24a	34bc	70bc
Saturado	9a	24a	40bc	50c
20 kPa	6b	11c	42ab	53c
40 kPa / 20 kPa	6b	19ab	52a	125a
40 kPa	5b	16bc	29c	93b
CV (%)	16,6	19,8	16,0	20,3

¹Manejo da irrigação para o arroz: inundado [irrigação por inundação com manutenção de lâmina de água de cerca de 7,5 cm entre os estádios de quatro folhas (V4) e a maturação de colheita (R9)]; saturado: irrigação por inundação com manutenção do solo saturado de V4 a R9; 20 kPa: irrigação por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 20 kPa; 40 kPa / 20 kPa: irrigação por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 40 kPa e 20 kPa durante as fases vegetativa e reprodutiva, respectivamente; e 40 kPa: irrigação por aspersão quando a tensão de água no solo atingia 40 kPa.

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

A partir da terceira avaliação, na antese (R4) e maturação (R9), o efeito do sistema de irrigação/manejo da água foi distinto, ou seja, de forma geral, a maior acumulação de cobre, manganês e zinco ocorreu nos tratamentos com irrigação por aspersão. Em algumas situações o tratamento com manutenção do solo saturado apresentou desempenho intermediário e aquele com irrigação inundação com manutenção de lâmina de água, menor acumulação desses micronutrientes (Tabelas 3, 4, 5 e 6). Tais resultados concordam com observações de Obermueller e Mikkelsen (1974) e de Jugsujinda e Patrici (1977), diferindo, porém, daqueles obtidos por Beyrouty et al.

(1994). Contrariamente do que ocorre para o manganês e o ferro, tanto o cobre como o zinco não estão sujeitos a reações de oxirredução no solo, de forma que as variações em sua disponibilidade devem ser influenciadas, apenas, por modificações no pH e, possivelmente, também, por variações na solubilidade de ferro e manganês.

Tabela 4. Ferro acumulado na parte aérea das plantas de arroz em diferentes estádios de desenvolvimento, em função do manejo da irrigação. Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão, RS. Safra 2011/12.

Manejo irrigação ¹	V8	R1	R4	R9
	----- kg ha ⁻¹ -----			
Inundação	1330a	1557a	2798a	4048a
Saturado	1099a	1364a	1680ab	1927b
20 kPa	91b	139b	735b	2298ab
40 kPa / 20 kPa	64b	267b	733b	3378ab
40 kPa	59b	276b	534b	3505ab
CV (%)	44,3	41,3	37,5	33,3

¹Manejo da irrigação para o arroz: inundado [irrigação por inundação com manutenção de lâmina de água de cerca de 7,5 cm entre os estádios de quatro folhas (V4) e a maturação de colheita (R9)]; saturado: irrigação por inundação com manutenção do solo saturado de V4 a R9; 20 kPa: irrigação por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 20 kPa; 40 kPa / 20 kPa: irrigação por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 40 kPa e 20 kPa durante as fases vegetativa e reprodutiva, respectivamente; e 40 kPa: irrigação por aspersão quando a tensão de água no solo atingia 40 kPa.

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

Tabela 5. Manganês acumulado na parte aérea das plantas de arroz em diferentes estádios de desenvolvimento, em função do manejo da irrigação. Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão, RS. Safra 2011/12.

Manejo irrigação ¹	V8	R1	R4	R9
	----- kg ha ⁻¹ -----			
Inundação	650a	1772a	2852b	4999a
Saturado	570ab	2306a	4064a	4708a
20 kPa	535ab	729b	4286a	5501a

40 kPa / 20 kPa	442bc	1619a	4371a	5850a
40 kPa	262c	1785a	2565b	5143a
CV (%)	19,7	25,5	19,6	26,1

¹Manejo da irrigação para o arroz: inundado [irrigação por inundação com manuten o de lâmina de água de cerca de 7,5 cm entre os estádios de quatro folhas (V4) e a maturação de colheita (R9)]; saturado: irriga o por inunda o com manuten o do solo saturado de V4 a R9; 20 kPa: irriga o por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 20 kPa; 40 kPa / 20 kPa: irriga o por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 40 kPa e 20 kPa durante as fases vegetativa e reprodutiva, respectivamente; e 40 kPa: irriga o por aspersão quando a tensão de água no solo atingia 40 kPa.

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

Tabela 6. Zinco acumulado na parte aérea das plantas de arroz em diferentes estádios de desenvolvimento, em fun o do manejo da irriga o. Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão, RS. Safra 2011/12.

Manejo irriga�o ¹	V8	R1	R4	R9
	----- g ha ⁻¹ -----			
Inunda�o	33a	123a	223ab	535ab
Saturado	26b	110a	230ab	369b
20 kPa	20bc	27c	207ab	474b
40 kPa / 20 kPa	18c	60b	326a	833a
40 kPa	14c	50bc	185b	715a
CV (%)	15,3	20,0	15,5	16,8

¹Manejo da irriga o para o arroz: inundado [irriga o por inunda o com manuten o de lâmina de água de cerca de 7,5 cm entre os estádios de quatro folhas (V4) e a maturação de colheita (R9)]; saturado: irriga o por inunda o com manuten o do solo saturado de V4 a R9; 20 kPa: irriga o por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 20 kPa; 40 kPa / 20 kPa: irriga o por aspersão sempre que a tensão de água no solo atingia 40 kPa e 20 kPa durante as fases vegetativa e reprodutiva, respectivamente; e 40 kPa: irriga o por aspersão quando a tensão de água no solo atingia 40 kPa.

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

Ressalta-se que, independentemente do sistema de irriga o/manejo da água, as concentra es de cobre, ferro, manganês e zinco no tecido vegetal do arroz, ao longo do ciclo da cultura, estiveram dentro dos níveis de suficiência preconizados para seu adequado

desenvolvimento e produção (GUINDO et al., 1994), não havendo restrições à absorção e acumulação desses micronutrientes na matéria seca. Atribui-se esse resultado à suficiência de micronutrientes nos solos arroseiros do Rio Grande do Sul (SCIVITTARO; MACHADO, 2004). Os resultados obtidos são indicativos de que as diferenças entre os sistemas de irrigação/tratamentos de manejo da água na absorção de micronutrientes pelo arroz não estão associadas à sua disponibilidade no solo, em razão dos níveis de suficiência de grande parte dos solos arroseiros do Estado. Assim, em um primeiro momento, não seriam requeridas adequações no manejo da adubação com micronutrientes para o sistema de produção de arroz irrigado por aspersão.

Conclusões

O manejo da água influencia a absorção de nutrientes pelo arroz nas fases vegetativa e reprodutiva.

O sistema de irrigação por inundação, particularmente com a manutenção de lâmina de água, proporciona maior absorção de fósforo e potássio pelo arroz, relativamente à irrigação por aspersão. Neste sistema é requerido incremento na dose desses nutrientes, fornecidas via adubação.

A absorção dos micronutrientes cobre, ferro, manganês e zinco pelo arroz é influenciada pelo manejo da água, porém sem interferência no desempenho da cultura, em razão da suficiência desses nutrientes no solo.

Referências

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.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira:** grãos. Safra 2012/2013. Intenção de plantio. Segundo Levantamento [Novembro/2012]. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/9graos_08.09.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2012.

CONCENÇO, G.; LARUE, J. L.; MELO, V.; ROLFES, C. R.; KIEP, B. L.; LOPES, M. B. Análise de custos variáveis em lavouras de arroz em sistema de rotação no Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 6.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 28., 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2009a. 1 CD-ROM.

CONCENÇO, G.; BATALHA, B. R.; LARUE, J. L.; GALON, L.; TIRONI, S. P.; MANTOVANI, E. C.; ROLFES, C. R.; SILVA, A. A. Eficiência do uso da água na produção de arroz sob irrigação mecanizada ou inundação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 6.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 28., 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2009b. 1 CD-ROM.

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.; AZAMBUJA, I. H. V. Uso e manejo de água nas lavouras de arroz do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE QUALIDADE DE ARROZ, 1., 2003, Pelotas. **Anais...** Passo Fundo: ABRAPÓS, 2003. p. 57-81.

GUINDO, D.; NORMAN, R. J.; WELLS, B. R. Accumulation of fertilizer nitrogen-15 by rice at different stages of development. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, p. 410-415, 1994.

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

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

MACHADO, S. L. O. Consumo e qualidade da água na lavoura de arroz irrigado e efeitos no Jundiá. In: SEMINÁRIO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA LAVOURA DE ARROZ IRRIGADO, 2003. **Palestras...** Porto Alegre: FARSUL, 2003. 1 CD-ROM.

OBERBUELLER, A. J.; MIKKELSEN, D. S. Effects of water management and soil aggregation on the growth and nutrient uptake by rice. **Agronomy Journal**, v. 66, p. 627-632, 1974.

PATRICK, W. H.; MIKKELSEN, D. S.; WELLS, B. R. Plant nutrient behavior in flooded soil. In: **Fertilizer technology and use**. 3.ed. Madison: Soil Science Society of America, 1985. p. 197-228.

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.

SANCHEZ S., 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.; 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.; COSTA J. E. T. da; GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de; FAGUNDES, P. R.R.; STEINMETZ, S; SEVERO, A. C. M.; TEIXEIRA J. B. Eficiência de uso da água de cultivares de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 6.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 28, 2009, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre; IRGA, 2009. p. 223-226.

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. 1CD-ROM.

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. (Eds.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 259-303.

SIMS, J. L.; PLACE, G. A. Growth and nutrient uptake of rice at different stages and nitrogen levels. *Agronomy Journal*, v. 60, p. 692-698, 1968.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. 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, 2004. 400 p.

SOSBAI - SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Itajaí, 2012. 179 p.

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

SIMS, J. L.; PLACE, G. A. Growth and nutrient uptake of rice at different stages and nitrogen levels. ***Agronomy Journal***, v. 60, p. 692-698, 1968.



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



CGPE 10449