

INFLUÊNCIA DO MANEJO DA ÁGUA NA DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO E PRODUTIVIDADE DE ARROZ IRRIGADO EM DIFERENTES CLASSES DE SOLOS

Gustavo Kruger Gonçalves¹, Henrique Vizzoto Calfe², Carlos Alberto Torres Gonçalves³, Francielly Baroni Mendes⁴, Nathália Joughard Pozzebon⁵, Emilio Mateus Schuller⁶, Gabriela Martins Braz⁷, Anelisi Inchauspe de Oliveira⁸, Lafayette Xavier de Moraes Neto⁹

Eng. Agrônomo, Dr. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, docente da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)¹; Discente Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)²; Discente Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)³; Discente Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)⁴; Discente Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)⁵; Discente Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)⁶; Discente Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)⁷; Discente Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)⁸; Discente Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)⁹

RESUMO

O estado do Rio Grande do Sul destaca-se como o maior produtor de arroz do Brasil. O sistema de irrigação com lâmina contínua é utilizado com maior frequência. Com intuito de aumentar a eficiência do uso da água, surge a alternativa da utilização do sistema de irrigação intermitente. Entretanto, as variações de disponibilidade de água neste sistema de irrigação podem afetar outros fatores, como o controle de plantas daninhas e a disponibilidade de nutrientes para a cultura de arroz irrigado. Um desses nutrientes, é o fósforo, cuja disponibilidade é afetada pelas reações de oxirredução em solos alagados, as quais são dependentes das características químicas da classe de solo utilizada. Desta forma, a dinâmica de nutrientes pode variar em função da classe de solo e do sistema de irrigação afetando diretamente a produtividade de arroz. Em função do exposto, foi realizado este trabalho com o objetivo avaliar a disponibilidade de fósforo e a produtividade de grãos de arroz em função de diferentes sistemas alternativos de irrigação utilizados em diferentes classes de solos. O experimento foi realizado em vasos, na casa de vegetação de uma propriedade rural em Santana do Livramento, no período de outubro de 2014 a fevereiro de 2015. Os tratamentos consistiram na combinação de Classes de Solos (Planossolo, Chernossolo e Vertissolo) e Sistemas de Irrigação (Convencional e Intermitente). O experimento foi delineado em blocos ao acaso, com quatro repetições. As características respostas avaliadas foram as concentrações de fósforo na solução em cinco períodos de alagamento e a produtividade de grãos de arroz. Os resultados foram os seguintes: a) no Planossolo, a partir dos 15 dias de alagamento, observou-se que o manejo convencional de água promoveu maiores concentrações de fósforo na solução em relação ao manejo intermitente; b) comportamento semelhante foram obtidos no Chernossolo e Vertissolo, a partir dos 30 dias de alagamento; c) o Planossolo apresentou maiores produtividades de arroz do que os demais solos no Sistema Convencional; d) não foram observadas diferenças de produtividade entre os solos avaliados com a utilização da irrigação intermitente. Conclui-se que a utilização do sistema de irrigação convencional no Planossolo resultou em maior concentração de fósforo na solução do solo na maior parte do período de alagamento resultando em maior produtividade de grãos de arroz.

Palavras-chave: Irrigação. Nutrientes. Produção. Fósforo.

Influence of water management in the availability of phosphorus and productivity of irrigated rice in different classes of soils

ABSTRACT

The state of Rio Grande do Sul stands out as the largest rice producer in Brazil. The irrigation system with a continuous blade is used more frequently. In order to increase the efficiency of water use, the alternative of using the intermittent irrigation system arises. However, variations in water availability in this irrigation system may affect other factors, such as weed control and nutrient availability for irrigated rice crop. One of these nutrients is phosphorus, whose availability is affected by oxidation reactions in flooded soils, which are dependent on the chemical characteristics of the soil class used. In this way, nutrient dynamics can vary depending on the soil class and the irrigation system, directly affecting rice yield. Based on the above, this work was carried out to evaluate the availability of phosphorus and rice grain yield as a function of different irrigation systems used in different soil classes. The experiment was carried out in pots, in the greenhouse in Santana do Livramento, from October 2014 to February 2015. The treatments consisted in the combination of Classes of Soils (Planossolo, Chernossolo and Vertissolo) and Irrigation Systems (Conventional and Intermittent). The characteristics were evaluated responses phosphorus concentrations in the solution in five periods of flooding and productivity of rice grains. The results were as follows: a) In the Planossolo, from the 15 days of flood, it was observed that the conventional water management promoted higher concentrations of phosphorus in the solution in relation to the intermittent management; b) Similar behavior were obtained in the Chernossolo and Vertissolo, from the 30 days of flooding; c) The Planossolo showed higher rice yields than the other soils in the Conventional System; d) there were no differences in productivity between the evaluated soil with the use of intermittent irrigation. It is concluded that the use of the conventional irrigation system in the Planossolo resulted in a higher concentration of phosphorus in the soil solution during the majority of the flooding period, resulting in a higher yield of rice grains.

Keywords: Irrigation. Nutrientes. Production. Phosphorus.

INTRODUÇÃO

No Brasil, aproximadamente, 65% da produção de arroz irrigado no país ocorrem no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, nas chamadas várzeas ou terra baixas, sendo que o Rio Grande do Sul é o Estado que mais produz no Brasil, utilizando o sistema de cultivo irrigado com lâmina contínua, elevando seu índice de uso de água na agricultura (AZAMBUJA et al., 2004).

Uma vez que a demanda por arroz é crescente devido ao contínuo aumento da população e a água está cada vez mais escassa em nível mundial, se faz necessário produzir mais arroz com menos água (GOMES et al., 2004). Para atingir este objetivo existe algumas opções disponíveis aos orizicultores, como é o caso de utilização de cultivares de arroz irrigado com melhor eficiência de utilização da água ou a utilização de sistema de cultivo de arroz alternativo ao cultivo irrigado com lâmina contínua.

A utilização de sistema alternativo de irrigação (Intermitente) é uma das opções citadas anteriormente e vem sendo utilizado em alguns municípios no Rio Grande do Sul (PETRINI et al. 2013). Nesta pesquisa realizada em Bagé, na safra 2011/2012, com a cultivar Querência foi observado que o sistema de irrigação intermitente apresentou maior eficiência de uso da água do que os sistemas convencional e saturado embora tenham apresentado produtividades semelhantes. Entretanto, as variações de disponibilidade de água neste sistema de irrigação podem afetar outros fatores, como o controle de plantas daninhas e a disponibilidade de nutrientes para a cultura de arroz irrigado. Um desses nutrientes, é o fósforo, cuja disponibilidade é afetada pelas reações de oxirredução em solos alagados.

Ranno (2004) verificou que, em solos ácidos do Estado do Rio Grande do Sul, os fosfatos ocorrem predominantemente associados ao ferro. Dessa forma, a química dos fosfatos em solos alagados está relacionada à química do ferro, ou seja, as condições que aumentam a solubilidade do ferro no solo normalmente aumentam a solubilidade do fósforo (PONNANPERUMA, 1972). A solubilização de óxidos de ferro libera íons Fe^{2+} para a solução do solo, aumentando sua concentração. Neste processo, uma parte do fósforo adsorvido também é liberada, o que pode aumentar sua concentração na solução do solo.

Gonçalves et al. (2011) estudando a relação entre óxidos de ferro e de manganês e a sorção de fósforo em solos alagados no RS cultivados em sistema convencional, observaram que o solo Planossolo apresentou menor sorção de fósforo do que os solos oriundos de sedimento de basalto (Chernossolo, Vertissolo e Luvisso) em todos os períodos de alagamento, resultando em maiores concentrações de fósforo na solução do solo.

Além do fósforo, outros nutrientes são influenciados pelos teores de Fe^{+2} na solução do solo. Embora o Ca, o Mg e o K não estejam diretamente envolvidos no processo de redução, o maior teor de Fe^{2+} na solução do solo pode deslocar parte desses cátions que estavam adsorvidos na fase sólida, aumentando sua disponibilidade para as plantas (VAHL, 1991). Além disso, o cálcio pode apresentar um efeito importante sobre a inibição da absorção de K^+ por Fe^{2+} , pois o mesmo atua na estrutura da membrana celular, mantendo sua integridade, e nos carregadores, mantendo a configuração adequada para a absorção, podendo controlar as inibições de natureza competitiva e não competitiva. Dessa forma, a maior disponibilidade de cálcio pode contribuir para amenizar os problemas de toxidez por ferro, mesmo quando os níveis deste elemento na solução do solo são elevados. Desta forma, a dinâmica de nutrientes pode variar em função da classe de solo e do sistema de irrigação afetando diretamente a produtividade de arroz (VAHL, 1999; SOUSA, 2000).

Em função do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a disponibilidade de fósforo e a produtividade de grãos de arroz em função de diferentes sistemas de irrigação utilizados em diferentes classes de solos.

MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se um experimento em vasos, na casa de vegetação de uma propriedade rural em Santana do Livramento, no período de outubro de 2014 a fevereiro de 2015.

Foram utilizadas amostras da vegetação nativa dos seguintes solos coletados no RS: Planossolo hidromórfico eutrófico solódico (Pelotas), Vertissolo ebânico órtico típico (Alegrete) e Chernossolo ebânico carbonático vértico (Uruguaiana) (Tabela 1). O experimento constituiu-se de um fatorial 2 x 3, delineado em blocos ao acaso, com quatro repetições, em que foram estudados os fatores e níveis especificados a seguir: a) Sistema de Irrigação: Convencional e Intermitente; b) Solos: Planossolo, Vertissolo e Chernossolo.

Tabela 1. Atributos físico-químicos das amostras dos solos utilizados no experimento

Solo	Argila	M.O.	P	K	CTC _{pH7}
	----- g kg ⁻¹ -----		----- mg kg ⁻¹ -----		- cmolc kg ⁻¹ -
Planossolo	180	21	2,9	70	13,8
Chernossolo	280	26	2,7	110	18,2
Vertissolo	320	43	2,9	100	25,8

As amostras da camada superficial dos solos (0-20cm) foram expostas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 1cm de malha. Posteriormente, foram colocadas em vasos plásticos de 10L, na quantidade de 9 kg de solo seco por vaso (unidade experimental). Em cada vaso, foram aplicadas adubações de base equivalentes 20 kg N ha⁻¹, 150 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 60 kg KCl ha⁻¹. As aplicações de N, P e K pelas fontes uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente, seguiram as recomendações definidas com base nos resultados das análises do solo e da interpretação das tabelas de recomendação de adubação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo do RS e SC (CQFS RS/SC, 2004). Entretanto, optou-se pela aplicação do dobro da recomendação de adubação no campo, devido ao menor volume de solo explorado pelo sistema radicular em vaso plástico.

À medida que as amostras do solo foram homogeneizadas com a adubação de base nas unidades experimentais, acomodaram-se os sistemas de coleta de solução desenvolvidos por Bohnen et al. (2005), de modo que ficassem a uma profundidade de 15 cm. Posteriormente, foram adicionados água destilada, de modo que a umidade gravimétrica (Ug) no solo ficasse próxima a capacidade de campo. A seguir, foram colocadas para germinar oito sementes de arroz por vaso,

cultivar BRS PAMPA, e foi feito o desbaste para quatro plantas por vaso, quando estas encontravam-se no estágio V3-V4 (COUNCE et al. 2000).

Os sistemas de Irrigação foram manejados da seguinte forma: a) No sistema convencional estabeleceu-se uma lâmina de água contínua (5cm) a partir do estágio das plântulas de 4 folhas (V4) até a colheita (R3). No estágio V4 e na diferenciação da panícula, antes da entrada de água foram aplicadas doses de uréia em cobertura, equivalente a 80 kg ha⁻¹ (Planossolos) e 70 kg ha⁻¹ (Chernossolo e Vertissolo); b) No Sistema Intermitente aplicou-se a uréia e estabeleceu-se o nível da água em 5cm em V4. Deixou-se o solo secar naturalmente até próximo à diferenciação da panícula (DP). Neste momento, aplicou-se à segunda dose recomendada de uréia com imediato retorno da irrigação, que foi mantida até a colheita, semelhantemente ao sistema convencional de irrigação.

Aos 1, 15, 30, 45, 60 e 75 dias de alagamento referente ao Sistema Convencional, foram coletados e filtrados 20 mL de solução diretamente em frascos de vidro acidificados em HCl, possibilitando, dessa maneira, a análise em laboratório das concentrações de fósforo por colorimetria. Foi realizada a coleta no Sistema Intermitente no mesmo período de coleta do Sistema Convencional.

O arroz foi cultivado por 100 dias, após a semeadura das plântulas. As análises de variância das características avaliadas foram realizadas através do software SANEST. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância referente as concentrações de fósforo na solução em todos os períodos de alagamento, foi observada interação significativa entre os fatores estudados (Tabela 2).

Analizando o comportamento de cada solo nos sistemas de irrigação nos períodos de alagamento avaliados observou-se os seguintes resultados:

a) No Planossolo, a partir dos 15 dias de alagamento, observou-se que o manejo convencional de água promoveu maiores concentrações de fósforo na solução em relação ao manejo intermitente. Isso se deve a maior disponibilidade de água no manejo convencional e a antecipação das reações de redução do ferro promovendo a dessorção de fósforo na solução no solo Planossolo;

b) Comportamento semelhante foram obtidos no Chernossolo e Vertissolo, a partir dos 30 dias de alagamento, devido a maior disponibilidade de água no sistema convencional e a maior intensidade das reações de redução do ferro com dessorção de fósforo a partir dos 30 dias de alagamento.

Resultados semelhantes foram obtidos por Gonçalves e Meurer (2010), onde observou-se que os solos oriundos de Basalto (Chernossolo, Vertissolo e Luvisolo), por apresentar maiores teores de óxidos de ferro que promove liberação do ferro mais tardia do que os solos oriundos de sedimento de granito (Planossolos).

Tabela 2. Concentração de fósforo na solução do solo em diferentes períodos de alagamento em função dos tratamentos utilizados

Solos	Sistema de Irrigação	
	Convencional	Intermitente
----- P, mg L-1 -----		
1 dia de alagamento após a emergência		
Planossolo	0,16 aA	0,14 aA
Chernossolo	0,06 aB	0,03 bB
Vertissolo	0,03 aB	0,03 aB
15 dias de alagamento após a emergência		
Planossolo	0,38 aA	0,20 bA
Chernossolo	0,14 aB	0,10 aB
Vertissolo	0,12 aB	0,10 aB
30 dias de alagamento após a emergência		
Planossolo	0,64 aA	0,16 bA
Chernossolo	0,40 aB	0,08 bB
Vertissolo	0,41 aB	0,07 bB
45 dias de alagamento após a emergência		
Planossolo	0,60 aA	0,24 bA
Chernossolo	0,56 aA	0,11 bB
Vertissolo	0,55 aA	0,12 bB
60 dias de alagamento após a emergência		
Planossolo	0,61 aA	0,22 bA
Chernossolo	0,53 aA	0,11 bB
Vertissolo	0,55 aA	0,11 bB
75 dias de alagamento após a emergência		
Planossolo	0,59 aA	0,20 bA
Chernossolo	0,55 aA	0,10 bB
Vertissolo	0,57 aA	0,10 bB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si (Duncan, 5%).

Analisando o comportamento de cada sistema de irrigação nos solos em diferentes períodos de alagamentos avaliados observou-se os seguintes resultados: a) Aos 1, 15 e 30 dias de alagamento, o Planossolo foi superior aos demais solos em todos os sistemas de Irrigação avaliados. Isso se deve, provavelmente, a época de ocorrência diferenciada da redução de Ferro e consequentemente do fósforo dessorvido entre os solos estudados.

Resultados obtidos por Gonçalves e Meurer (2011), demonstraram que a redução do Ferro em solos Planossolos ocorrem entre a segunda e quarta da semana de alagamento. A partir dos 45 dias de alagamento, o Planossolo não diferiu dos demais solos nos sistemas de Irrigação Convencional. É provável que a partir do período mencionado anteriormente, as reações de redução

do ferro com dessorção do fósforo tenham se estabilizado no Planossolo, enquanto que no Chernossolo e Vertissolo ocorreu na liberação do ferro e fósforo dessorvido.

No sistema de irrigação intermitente, foram observadas em todos os solos diminuição nas concentrações de fósforo na solução aos 30 dias de alagamento, devido a diminuição da disponibilidade de água. Entretanto, aos 45 dias de alagamento observou-se a elevação nas concentrações de fósforo na solução, promovidas pelo retorno da lâmina de água na diferenciação da panícula (40 dias de alagamento).

Na análise de variância referente a produtividade de grãos, foi observada interação significativa entre os fatores estudados (Tabela 3).

Analisando o comportamento de cada solo nos sistemas de irrigação na produtividade de grãos, observou-se que em todos os solos, o manejo convencional de água promoveu maiores produtividades de grãos em relação ao manejo intermitente. Isso se deve a maior disponibilidade de água no manejo convencional e a antecipação das reações de redução do ferro promovendo a dessorção de fósforo na solução no solo Planossolo. Além disso, ocorre aumento na disponibilidade de outros nutrientes com o alagamento do solo, tais como o potássio, cálcio e o magnésio (PONNAMPERUMA, 1972).

Analisando o comportamento de cada sistema de irrigação nos solos em diferentes períodos de alagamentos avaliados observou-se que o Planossolo apresentou maiores produtividades do que os demais solos no Sistema Convencional e Intermitente. Isso pode ser atribuído a ocorrência antecipadas das reações de redução do solo no Planossolo quando comparado as demais classes de solos. Essas reações promoveram maior disponibilidade de fósforo e de outros cátions favorecendo o desenvolvimento das plantas.

Tabela 3. Produtividade de grãos de arroz em função dos tratamentos utilizados

Solos	Sistema de Irrigação	
	Convencional	Intermitente
	----- Produtividade de grãos, g planta ⁻¹ -----	
Planossolo	14,10 aA	9,15 bA
Chernossolo	11,50 aB	9,00 bB
Vertissolo	11,25 aB	8,90 bB

Médias seguida pela mesma letra minúscula na linha e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si (Duncan, 5%).

CONCLUSÃO

O sistema de irrigação convencional apresenta maior concentração de fósforo na solução do solo do que os sistemas de irrigação intermitente em todos os solos na maior parte do período de alagamento.

O Planossolo apresenta maior concentração de fósforo na solução do solo do que os Chernossolos e Vertissolo até os 30 dias de alagamento em todos os sistemas de irrigação.

A utilização da irrigação convencional no Planossolo apresenta maior produtividade de grãos de arroz.

REFERÊNCIAS

AZAMBUJA, I. H. V. et al. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de. (Ed.). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 23-44.

BOHNEN, H. et al. Ácidos orgânicos na solução de um Gleissolo sob diferentes sistemas de cultivo com arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p. 475-480, 2005.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO –CQFS RSSC. **Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004, 394p.

COUNCE, P.A. et al. A uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v.40, p.436-443, 2000.

GOMES, A. da S. et al. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de. (Ed.). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 417-455.

GONCALVES, G.K. et al. Relação entre óxidos de ferro e de manganês e a sorção de fósforo em solos no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1633-1639, 2011.

GONCALVES, G.K.; MEURER, E.J. Alterações nas concentrações de fósforo em solos cultivados com arroz irrigado no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 465-471, 2010.

PETRINI, J.A. et al. Estratégias de irrigação para redução do uso da água em arroz irrigado. In: **Proceedings of the 8th Congresso Brasileiro do Arroz Irrigado**. Porto Alegre. CD ROM, 2013.

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

RANNO, S. K. **Estimativa da disponibilidade de fósforo para a cultura de arroz irrigado em solos do RS**. 2004. 139f. Tese (Mestrado em Ciência do Solo), Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS.

SOUSA, R.O. et al. Solos alagados. In: MEURER, E.J. (Ed). **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre, Gênese, p.127-149, 2000.

VAHL, L.C. **Toxidez de ferro em genótipos de arroz irrigado por alagamento**. 1991. 173f. Tese (Doutorado em Agronomia), Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.

VAHL, L.C. **Fertilidade de solos de várzea**. In: GOMES, A.S., PAULETTO, E.A., (Eds). Manejo do solo e da água em áreas de várzea. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p.119-162.