

Nutrientes do solo influenciados por diferentes manejos da palha após a colheita do arroz irrigado¹

Soil nutrients influenced by different straw managements after the harvest of irrigated rice

Paulo Fabrício Sachet Massoni^{2*}, Enio Marchesan³, Mara Grohs⁴, Leandro Souza da Silva⁵ e Rodrigo Roso⁶

RESUMO - Após a colheita do arroz irrigado, a palha produzida pode ser manejada de diferentes formas, o que deve afetar a disponibilidade dos nutrientes do solo. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito dos diferentes manejos do solo e da palha após a colheita do arroz sobre os teores de nitrogênio mineral, e de fósforo e potássio disponíveis do solo. Os tratamentos foram dispostos em blocos casualizados com avaliações em parcelas subdivididas no tempo, com os tratamentos correspondentes a sete diferentes manejos do solo: [1] lâmina de água permanente sem incorporação da palha, [2] incorporação da palha com preparo do solo seco logo após a colheita, [3] incorporação da palha com preparo do solo alagado após a colheita, [4] incorporação da palha com o solo seco somente em julho, [5] incorporação da palha com solo alagado logo após a colheita e gradagem da área em julho com solo seco, [6] incorporação da palha com solo seco logo após a colheita e gradagem da área em julho com solo seco, [7] sem incorporação e sem lâmina de água. Foram avaliados em cinco diferentes datas de coleta de solo, com quatro repetições. A manutenção da palha na superfície do solo provoca a maior variação nos teores de nitrogênio mineral durante o período avaliado; porém, independente do manejo pós-colheita utilizado para a palha de arroz irrigado, não há aumento nos teores de nitrogênio mineral e de fósforo e potássio disponível no solo ao final do período de entressafra.

Palavras-chave: *Oryza sativa*. Taxa de decomposição. Preparo do solo.

ABSTRACT - After harvesting irrigated rice, the straw produced can be managed in different ways, and these may affect the availability of soil nutrients. The objective of this work was to evaluate the effect of different types of soil and straw management, carried out after the rice is harvested, on the levels of mineral nitrogen, phosphorus and potassium available in the soil. The treatments were arranged in randomized blocks with plot evaluations split up in time, and corresponding to seven different types of soil management: [1] water at a constant depth, without straw, [2] straw incorporated into the preparation of dry soil immediately after harvest, [3] straw incorporated into the preparation of flooded soil immediately after harvest, [4] straw incorporated into the preparation of dry soil during July only, [5] straw incorporated into the preparation of flooded soil immediately after harvest, and then harrowing the area with dry soil in July, [6] straw incorporated into the preparation of dry soil immediately after harvest, and harrowing the area with dry soil in July, [7] no incorporated straw and no water. Evaluations were made on five different soil-collection dates, with four replications. Keeping straw on the soil surface produced the greatest variations in the concentrations of mineral nitrogen for the period studied, however, regardless of the post-harvest rice-straw managn the levels of mineral nitrogen, phosphorus and potassium available in the soil by the end of the season.

Key words: *Oryza sativa*. Rate of decomposition. Tillage.

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 06/11/2011; aprovado em 07/07/2012

Parte da Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM

²Instituto Rio-Grandense do Arroz/IRGA, Cachoeirinha-RS, Brasil, pfmass@hotmail.com

³Departamento Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria/UFSM, Santa Maria-RS, Brasil, emarchesan@terra.com.br

⁴Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural/EMATER, Santa Maria-RS, Brasil, maragrohs@yahoo.com.br

⁵Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria/UFSM, Santa Maria-RS, Brasil, leandro@smail.ufsm.br

⁶Universidade Federal de Santa Maria/UFSM, Santa Maria-RS, Brasil, rodrigoroso@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A produtividade média do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul tem aumentado nos últimos anos em virtude da adoção de um conjunto adequado de práticas de manejo, proporcionando altas produtividades das lavouras (INSTITUTO RIO-GRANDENSE DO ARROZ, 2011). Adicionalmente, ocorre o aumento da produção de palha de arroz, promovendo dificuldades em eliminá-la rapidamente a fim de possibilitar a semeadura da próxima safra de arroz dentro do período recomendado (BIJAY-SINGH *et al.*, 2008). A necessidade de uma rápida eliminação da palha é decorrente da dificuldade do preparo do solo em um período chuvoso, característico do período da entressafra, associado à reduzida capacidade de perda de água do solo (LOUZADA; CAICEDO; HELTER, 2008). Além disso, a alta relação C/N da palha de arroz e um ambiente anaeróbico limitam a decomposição do grande volume de palha produzido, pois há poucas espécies de organismos decompositores adaptados a este ambiente (LOBO JUNIOR; SOUZA; SANTOS, 2004). Assim, os produtores têm realizado a incorporação da palha logo após a colheita, algumas vezes com o solo seco e outras em condições de alagamento, ou deixado para preparar o solo mais próximo da semeadura da safra subsequente de arroz, neste caso, podendo atrasar a semeadura do arroz.

Assim, a dinâmica dos nutrientes contidos na palha do arroz poderá sofrer diferentes efeitos de acordo com o manejo dado à palha após a colheita e às condições climáticas no período da entressafra. A incorporação da palha de arroz logo após a colheita pode contribuir para a elevação da produtividade, em virtude do aumento dos teores de N, P e K do solo, Mongkol e Anan (2006). Quando incorporada ao solo, a palha proporciona a liberação de 22 a 59% do fósforo entre a 5ª e a 23ª semana. Já a liberação de potássio atinge o percentual de 79% após a 5ª semana (YADVINDER-SINGH *et al.*, 2010). Também há relatos de que a incorporação da palha possibilita maior taxa de recuperação de nitrogênio (N) através da imobilização e posterior mineralização (TAKAHASHI *et al.*, 2003) e assim, contribui para o aumento da disponibilidade de N para o próximo cultivo (BIRD *et al.*, 2001).

Baseado nessas considerações, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes manejos do solo e da palha após a colheita do arroz irrigado quanto aos teores de nitrogênio mineral de fósforo e de potássio disponíveis do solo durante o período de entressafra do arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento a campo foi conduzido nos anos de 2009 e 2010 no período de entressafra de maio a outubro, no mesmo local, em um solo classificado como Planossolo Háplico Eutrófico arênico da unidade de mapeamento Vacacaí (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2006) no município de Santa Maria, RS. Os teores médios iniciais dos nutrientes do solo durante os dois anos avaliados eram de: 7,9 e 12,6 g kg⁻¹ de N mineral; 18,2 e 15,8 mg kg⁻¹ de fósforo disponível; 0,33 e 0,16 cmol_c kg⁻¹ de potássio disponível; pH_{H₂O} (1:1) 5,0 e 5,5; 1,8 e 2,0 m/v de matéria orgânica; 20 e 21 m/v de argila textura, classe 3; 6,1 e 7,8 cmol_c kg⁻¹ de CTC efetiva. A precipitação acumulada no período de maio a outubro foi de 1.235 e 1.141 mm nos anos de 2009 e 2010, respectivamente.

Em virtude da condução do ensaio ocorrer no período de entressafra e avaliar o comportamento da liberação e retenção dos nutrientes no solo e da palha de arroz, foi necessária a produção de matéria seca neste estudo. Dessa forma, realizou-se a semeadura do arroz irrigado nos anos de 2008/09 e 2009/10, com a cultivar de arroz Irga 417, na densidade de semeadura de 100 kg ha⁻¹. A produção de matéria seca em cada cultivo foi de 7.098 e 7.477 kg ha⁻¹, respectivamente. Os tratamentos foram dispostos em blocos casualizados com avaliações em parcelas subdivididas no tempo, com os tratamentos correspondentes a sete diferentes manejos do solo: [1] lâmina de água permanente sem incorporação da palha, [2] incorporação da palha com preparo do solo seco logo após a colheita, [3] incorporação da palha com preparo do solo alagado após a colheita, [4] incorporação da palha com o solo seco somente em julho, [5] incorporação da palha com solo alagado logo após a colheita e gradagem da área em julho com solo seco, [6] incorporação da palha com solo seco logo após a colheita e gradagem da área em julho com solo seco, [7] sem incorporação e sem lâmina de água. As subparcelas foram compostas por cinco diferentes momentos de coleta de solo, com quatro repetições. Os momentos de coleta de solo após a aplicação dos tratamentos foram 0; 41; 82; 123; 164 dias após a preparação do solo (Tabela 1).

A primeira época da incorporação da palha nos tratamentos realizou-se 10 e oito dias após a colheita nos anos de 2009 e 2010, respectivamente. A segunda época, denominada manejo de julho, foi realizada três meses após a colheita.

A partir do preparo pós-colheita foram realizadas coletas de solo. As coletas de solo iniciaram-se aos 10 e oito dias após a colheita para o primeiro e segundo ano, respectivamente, (11/05/2009 e 03/05/2010) sendo

Tabela 1 - Datas e épocas de coletas de solo e manejo do solo em julho nos tratamentos com algum tipo de revolvimento do solo

Época	Datas de coleta	
	-----2009-----	-----2010-----
0	11/5/2009 ^[1]	3/5/2010 ^[1]
41	21/6/2009	13/6/2010
82	01/8/2009	24/7/2010
123	11/9/2009	3/9/2010
164	22/10/2009	14/10/2010
Preparo de julho	29/7/2009 ^[2]	10/8/2010 ^[2]

^[1] Data da primeira coleta e preparo do solo nos tratamentos com algum tipo de preparo no ano de 2009 e 2010; ^[2] Data do preparo de solo denominado preparo de julho nos anos de 2009 e 2010

a última coleta realizada aos 22/10/2009 no primeiro ano e 14/10/2010 para o segundo ano. As coletas foram realizadas com trado calador, espaçadas a cada 41 dias, sendo que, de cada unidade experimental, foram retiradas quatro subamostras de solo, acondicionadas em um mesmo saco plástico, as quais constituíam uma única amostra.

Para o tratamento em que se manteve lâmina de água permanente, à medida que ocorria a infiltração e a evaporação, a lâmina de água era repostada, mantendo-a entre 5 a 10 cm. Aproximadamente 30 a 40 dias antes da última coleta de solo, em 11/09/2009 e 06/09/2010, drenaram-se as unidades experimentais, para permitir a semeadura da próxima safra.

Para extração e determinação dos teores de N mineral, P e K disponíveis foram utilizados os métodos descritos em Tedesco *et al.* (1995), à exceção da determinação do P, para o qual seguiu-se o método descrito por Murphy e Rilley (1962). O N mineral total correspondeu à soma dos teores de N-NH₄ e N-NO₃ + N-NO₂, obtidos pela destilação da solução extraída do solo com KCL 1 mol L⁻¹. O P e o K disponíveis foram extraídos pelo método de Mehlich-1 e determinação por colorimetria e espectrofotometria de emissão atômica, respectivamente.

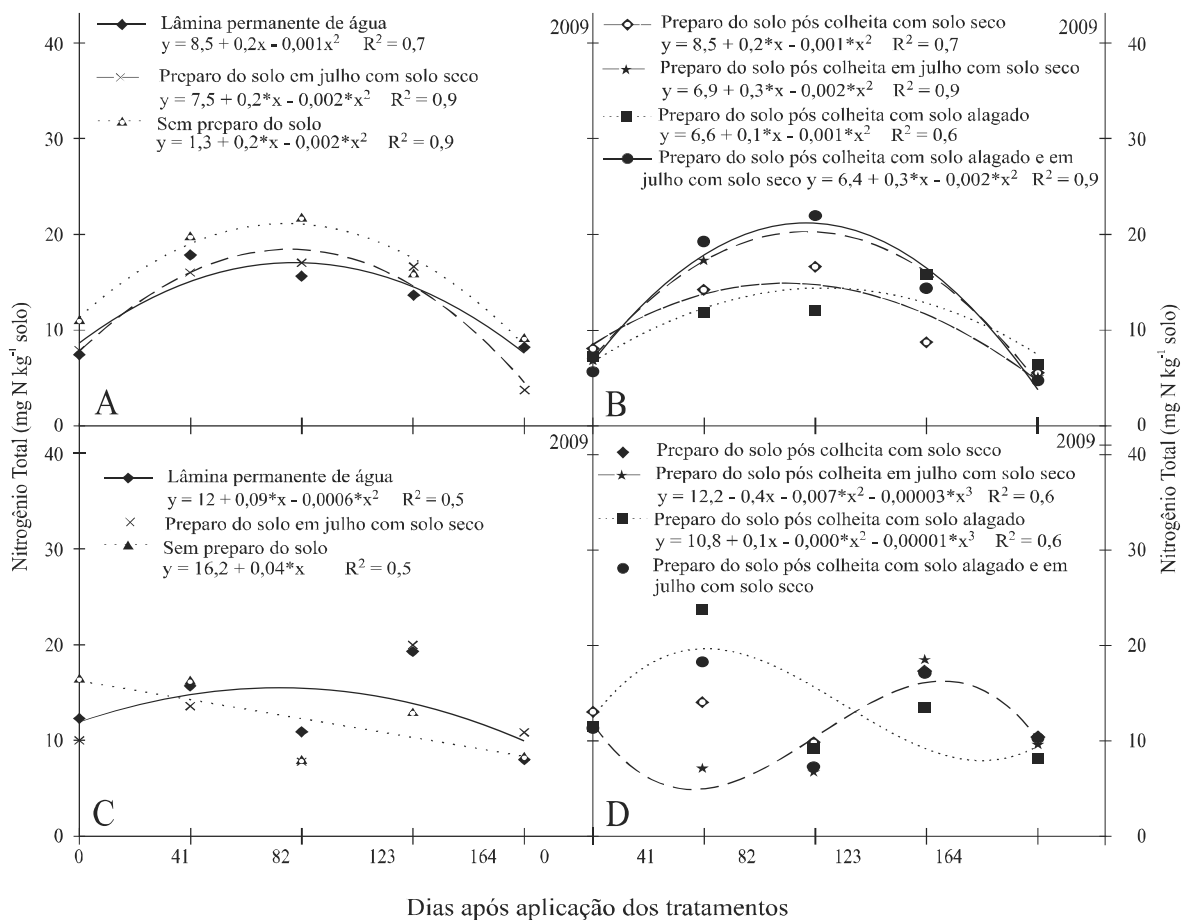
Os dados obtidos foram submetidos ao teste das pressuposições do modelo matemático (normalidade e homogeneidade das variâncias pelo teste de Lilliefors). Os anos foram avaliados separadamente e os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey (P<0,05) e às datas de coleta de solo foram ajustadas equações pela análise de regressão, para os teores no solo de nitrogênio, fósforo e potássio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 2009, o teor de nitrogênio mineral do solo (N) aumentou em todos os tratamentos, com um comportamento descrito por uma equação quadrática (Figura 1A e 1B). Este comportamento não revela, no entanto, a dinâmica característica do N, em que primeiramente ocorreria a fase de imobilização para posterior mineralização (MISHRA; SHARMA; BRONSON, 2001; PAMPOLINO *et al.*, 2008). Isto pode ser decorrente do grande intervalo de tempo entre a primeira e a segunda coleta (41 dias), o qual poderia ter sido um período suficiente para que ocorresse a imobilização e a posterior mineralização, já que no período inicial de avaliação a temperatura era superior a 15 °C, favorável ao desenvolvimento microbiano (TOURNA *et al.*, 2008). A partir dos 82 DAAT, em todos os tratamentos, houve redução do N mineral, provavelmente em decorrência de menor mineralização do material orgânico, também influenciada pelas condições adversas de umidade e temperatura no período (frio e excesso de umidade) (TOURNA *et al.*, 2008). O menor teor de N mineral também pode ter sido em decorrência das frequentes precipitações pluviais no período (Figura 2) contribuindo para as perdas de N por lixiviação ou desnitrificação de nitrato em sítios anaeróbios (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

O período entre os 41 e 123 DAAT foi o que apresentou a maior variação dos teores de N mineral, sendo que o manejo com solo alagado apresentou os menores teores de nitrogênio aos 41 e 82 DAAT (Tabela 2). Esse fato pode estar relacionado à menor mineralização devido a menor velocidade de decomposição inicial neste ambiente (BIJAY-SINGH *et al.*, 2008), pois no manejo adotado havia alternância de alagamento e drenagem. Porém, a perda

Figura 1 - Teor de nitrogênio mineral do solo (mg N kg^{-1} solo) nos tratamentos sem preparo de solo, com preparo de solo em julho e manutenção de lâmina de água (A e C), e preparo com solo seco pós colheita, pós colheita e em julho com solo seco, preparo pós colheita com solo alagado e preparo pós colheita com solo alagado e em julho com solo seco (B e D) nos anos 2009 e 2010, em avaliações realizadas a campo até 164 dias após a aplicação dos tratamentos. Santa Maria, RS, 2012



de N nesses tratamentos pode ter sido mais elevada, associando à maior atividade dos decompositores com o revolvimento do solo e a aeração e a perda por desnitrificação com o alagamento (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; RHODEN *et al.*, 2008).

Apesar das diferenças ao longo do período de avaliação, houve similaridade nos valores de N mineral entre o início e o final do período de avaliação (Figura 1). Há relatos na literatura, em estudo de longa duração, sugerindo que a incorporação da palha de arroz aumentaria o N mineral do solo em ambientes de várzea (LINQUIST; BROUDER; HILL, 2006). Porém, nas condições do experimento, não foi observado ao final dos 164 dias de avaliação a elevação dos níveis de N mineral do solo.

Em 2010, não houve diferenças no N mineral do solo ao longo do tempo entre a maioria dos tratamentos (Figura 1C e 1D), diferentemente do que aconteceu no

ano anterior. Embora ocorresse essa variação durante os anos, o resultado final foi semelhante, uma vez que nenhum tratamento demonstrou acréscimo em seus valores ao final do período.

Cabe ressaltar que o aumento ocorrido nos teores de nitrogênio no preparo pós-colheita que foi realizado com solo alagado em 2010 (Figura 1D e Tabela 2), nos primeiros 41 DAAT, pode estar relacionado à temperatura, quantidade de palha e ao ambiente anaeróbico que possibilitou o consumo do NO_3^- pelos decompositores. Nesse ambiente reduzido, com a ausência de oxigênio, ocorre a seleção de decompositores adaptados a esse ambiente (BIJAY-SINGH *et al.*, 2008; UNGER; MUZIKA; MOTAVALLI, 2010). Dessa forma, há redução do número de decompositores devido à adversidade ambiental e pela baixa eficiência energética das reações que ocorrem para geração de massa microbiana. Com isso, no ambiente anóxico não

Figura 2 - Temperatura mínima e máxima do ar (°C) e precipitação (mm), no período de 31 de março a 31 de outubro de 2009. Santa Maria, RS. 2012

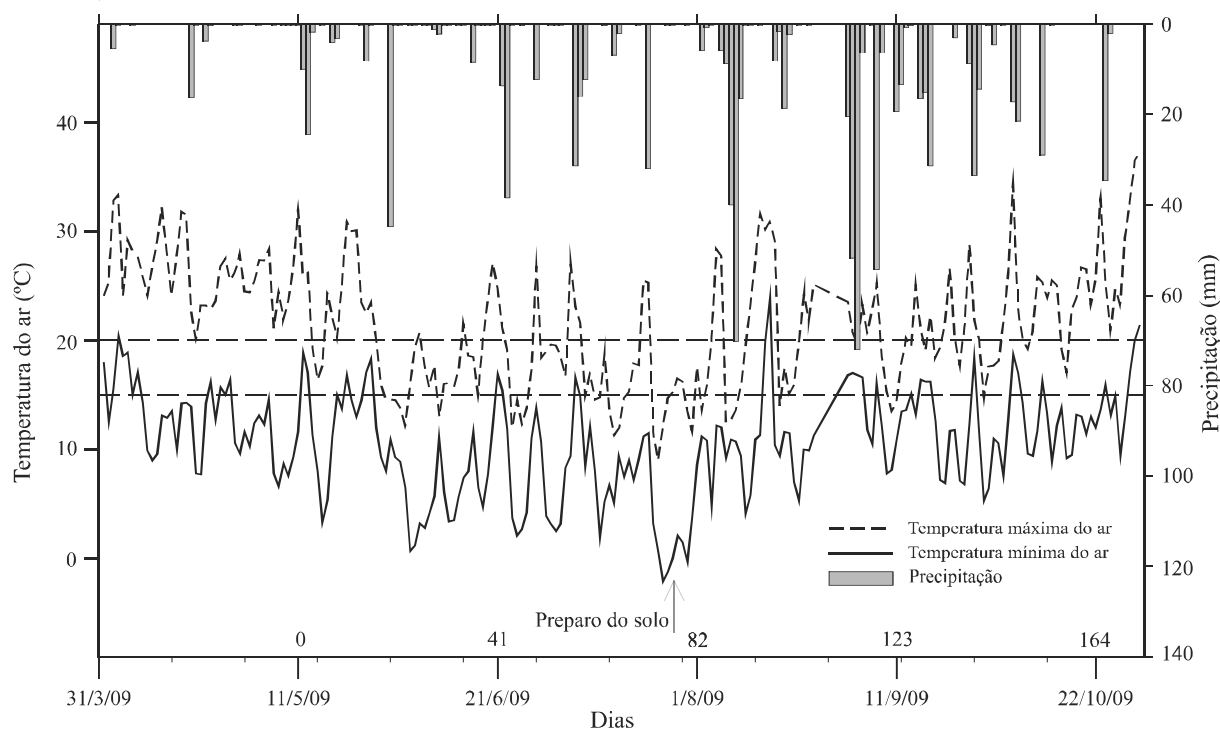


Tabela 2 - Teores de nitrogênio mineral total do solo, por data de amostragem para os tratamentos de manejo da palha de arroz nos anos de 2009 e 2010. Santa Maria, RS. 2012

Nitrogênio mineral total (mg N kg ⁻¹ solo)					
Tratamentos	-----2009-----				
	Dias após aplicação dos tratamentos				
	0	41	82	123	164
Lâmina de água	7,4 ^{ns}	17,8 ab*	15,6 ab*	13,7 ab*	8,2 ^{ns}
Preparo pós colheita c/solo seco	7,9	14,2 ab	16,6 ab	8,7 b	5,5
Preparo pós colheita c/solo alagado	7,2	11,8 b	12,1 b	15,8 ab	6,3
Preparo solo seco em julho	7,9	15,9 ab	17,0 ab	16,6 a	3,7
Preparo pos colheita c/ solo alagado + preparo em julho c/ solo seco	5,6	19,2 ab	21,5 a	14,4 ab	4,7
Preparo pós colheita e em julho c/ solo seco	6,7	17,2 ab	21,4 a	14,4 ab	5,1
Sem preparo do solo	10,9	19,7 a	21,8 a	15,8 ab	9,0
CV(%)	34,0				
-----2010-----					
Lâmina de água	12,4 ^{ns}	15,8 b*	10,9 ^{ns}	19,3 ^{ns}	8,1 ^{ns}
Preparo pós colheita c/solo seco	13,8	14 b	9,8	17,2	10,3
Preparo pós colheita c/solo alagado	10,5	23,8 a	9,2	13,5	8,2
Preparo solo seco em julho	10,0	13,6 b	7,8	20,0	10,9
Preparo pos colheita c/ solo alagado + preparo em julho c/ solo seco	11,3	18,2 ab	7,3	17,1	10,3
Preparo pós colheita e em julho c/ solo seco	13,7	16,3 ab	4,6	18,4	11,3
Sem preparo do solo	16,4	16,3 ab	7,9	12,9	8,3
CV(%)	13,6				

*médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Tukey (P≤0,05); ^{ns} não significativo

ocorre a nitrificação do N mineralizado acumulando-se na forma de NH_4 devido a redução dissimilatória do nitrato para amônio por bactérias específicas como o gênero *Clostridium* (MOREIRA; SIQUEIRA 2006). Por outro lado, a redução que ocorreu quando o preparo foi realizado após a colheita e em julho com solo seco pode estar relacionado com o regime de chuvas que manteve o solo por um período maior com umidade suficiente (Figura 3) para que ocorresse a desnitrificação.

Devido às grandes variações que o nitrogênio tem no solo, o qual sofre influência de vários fatores como umidade, temperatura, pH, entre outros (NOVAIS *et al.*, 2007), a informação mais relevante que se deve considerar é que não ocorreu acréscimo nos teores de nitrogênio no final do período avaliado, sem prováveis benefícios na disponibilidade de N para o cultivo de arroz subsequente.

Ao contrário do N mineral, que tem sua disponibilidade controlada pelos diversos processos de ganhos e perdas mediados pela atividade microbiana, o fósforo (P) tem sua disponibilidade controlada pela

ligação com outros elementos como ferro, alumínio e cálcio (NOVAIS *et al.*, 2007). Neste contexto, pode-se observar nas Figuras 4A e 4B, o comportamento do P do solo nos diferentes tratamentos na safra 2009. A decomposição da palha e a elevação dos teores de P no solo não apresentaram uma relação direta, pois apenas em dois tratamentos demonstraram acréscimo em seus valores (sem preparo e preparo pós-colheita e em julho com solo seco), demonstrando diferenças significativas no decorrer do tempo. Embora a adição de palha favoreça a elevação dos teores de P pela sua liberação a partir da mineralização dos resíduos orgânicos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006), cerca de 90% do P liberado é adsorvido na primeira hora de contato com o solo (NOVAIS *et al.*, 2007). Assim, na maioria dos tratamentos não houve efeito significativo nos teores disponíveis de fósforo, é possível que seja em decorrência da adsorção do P mineralizado, distribuindo-se em frações lábil e não-lábil de acordo com a energia de ligação envolvida e não sendo determinado pela análise do P disponível, concordando com os resultados encontrados por Yadvinder-Singh *et al.* (2010).

Figura 3 - Temperatura mínima e máxima do ar ($^{\circ}\text{C}$) e precipitação (mm), no período de 23 de março a 30 de novembro de 2010. Santa Maria, RS, 2012

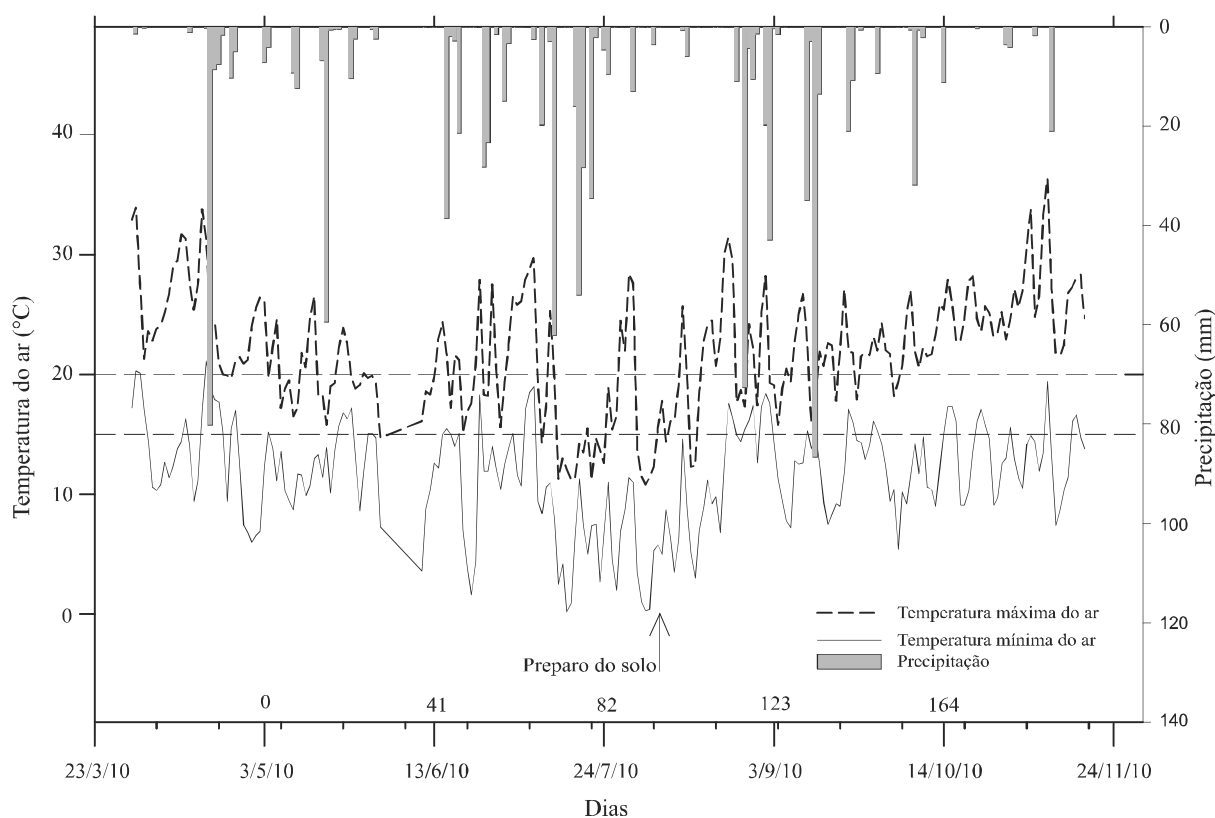
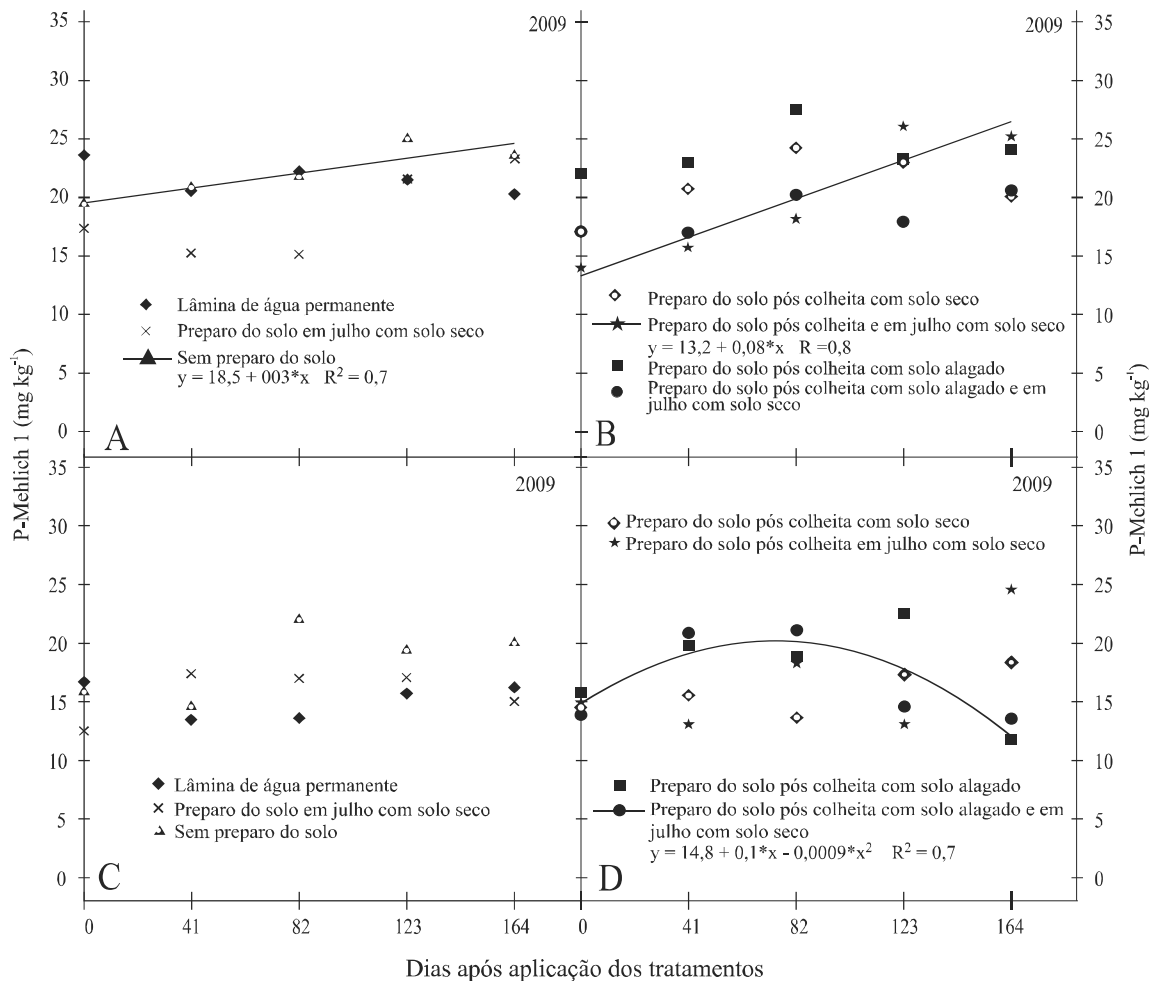


Figura 4 - Teores de fósforo no solo (mg kg^{-1} de solo) nos tratamentos sem preparo de solo, com preparo de solo em julho e manutenção de lâmina de água (A e C), e preparo com solo seco pós colheita, pós colheita e em julho com solo seco, preparo pós colheita com solo alagado e preparo pós colheita com solo alagado e em julho com solo seco (B e D) nos anos 2009 e 2010, em avaliações realizadas a campo até 164 dias após a aplicação dos tratamentos. Santa Maria, RS, 2012. *Modelos matemáticos de regressão significativos ($P < 0,05$)



Para o ano de 2010, que apresentou temperatura média superior ao ano anterior (Figura 3), o que favorece a decomposição da palha de arroz e liberação do P, apenas o preparo com solo alagado e em julho com solo seco demonstrou efeito significativo ao longo do período de avaliação. A partir dos 82 DAAT, neste tratamento houve redução na concentração de P estando esse resultado possivelmente associado ao regime hídrico, onde o solo passa por períodos de anaerobiose e posterior aerobiose. Embora a redução do solo provoque aumento do P disponível, com a reoxidação ocorre o processo de readsorção do P na superfície do ferro oxidado, tornando assim os valores de P disponível muito próximos ou inferiores ao inicial (SHENKER *et al.*, 2005; SCALENGHE *et al.*, 2010).

Diferentemente do primeiro ano, a variação dos teores de P apresentou comportamento quadrático no

tratamento com preparo do solo após a colheita com solo alagado e em julho com solo seco. Este comportamento pode estar relacionado com as frequentes alterações de umidade, temperatura, teores de ferro oxidado, que alteram o comportamento do fósforo no solo. Entretanto, observa-se nas Figuras 4C e 4D e Tabela 3, que só houve diferença para o preparo do solo pós-colheita com solo alagado e em julho com solo seco e, considerando o efeito em cada data de avaliação, somente a última coleta apresentou diferença entre os tratamentos.

Embora para o tratamento sem preparo do solo e aquele com dois preparos com o solo seco, a decomposição da palha do arroz trouxe benefícios pela elevação dos teores de P, no ano de 2009. No entanto, este comportamento ocorreu apenas no primeiro ano, dessa forma os resultados sugerem que o P da palha de arroz pode não contribuir

Tabela 3 - Teores de fósforo do solo (mg kg⁻¹ de solo) por data de amostragem para os tratamentos de manejo da palha de arroz nos anos de 2009 e 2010. Santa Maria, RS. 2012

Tratamentos	Fósforo disponível (mg N kg ⁻¹ solo)				
	2009				
	Dias após aplicação dos tratamentos				
	0	41	82	123	164
Lâmina de água	23,6 a*	22 ^{ns}	22,1 ab*	21,4 bc*	20,3 ^{ns}
Preparo pós colheita c/solo seco	17,1 ab	18,5	21,2 ab	21,1 bc	21
Preparo pós colheita c/solo alagado	22 a	23,2	27,4 a	23,2 abc	24
Preparo solo seco em julho	16,3 ab	17	15,1 b	21,5 bc	20,3
Preparo pos colheita c/ solo alagado + preparo em julho c/ solo seco	17 ab	18,2	20,1 ab	17,9 c	18,1
Preparo pós colheita e em julho c/ solo seco	11, 1 b	15,2	18,1 b	30,7 a	26,3
Sem preparo do solo	19,4 ab	19	21,7 ab	30,1 ab	24,9
CV(%)	9,2				
	2010				
Lâmina de água	14,6 ^{ns}	13,4 ^{ns}	13,6 ^{ns}	15,6 ^{ns}	16,2 ab*
Preparo pós colheita c/solo seco	14,5	15,4	13,6	17,3	18,3 ab
Preparo pós colheita c/solo alagado	15,7	19,7	18,8	19,7	12,5 b
Preparo solo seco em julho	12,5	17,4	17	17	12,5 b
Preparo pos colheita c/ solo alagado + preparo em julho c/ solo seco	13,8	20,8	21	14,6	13,5 b
Preparo pós colheita e em julho c/ solo seco	19	13,6	18,3	17,4	24,5 a
Sem preparo do solo	15,8	14,5	19	19,3	20 ab
CV(%)	9,8				

*médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Tukey (P<0,05); ^{ns} não significativo

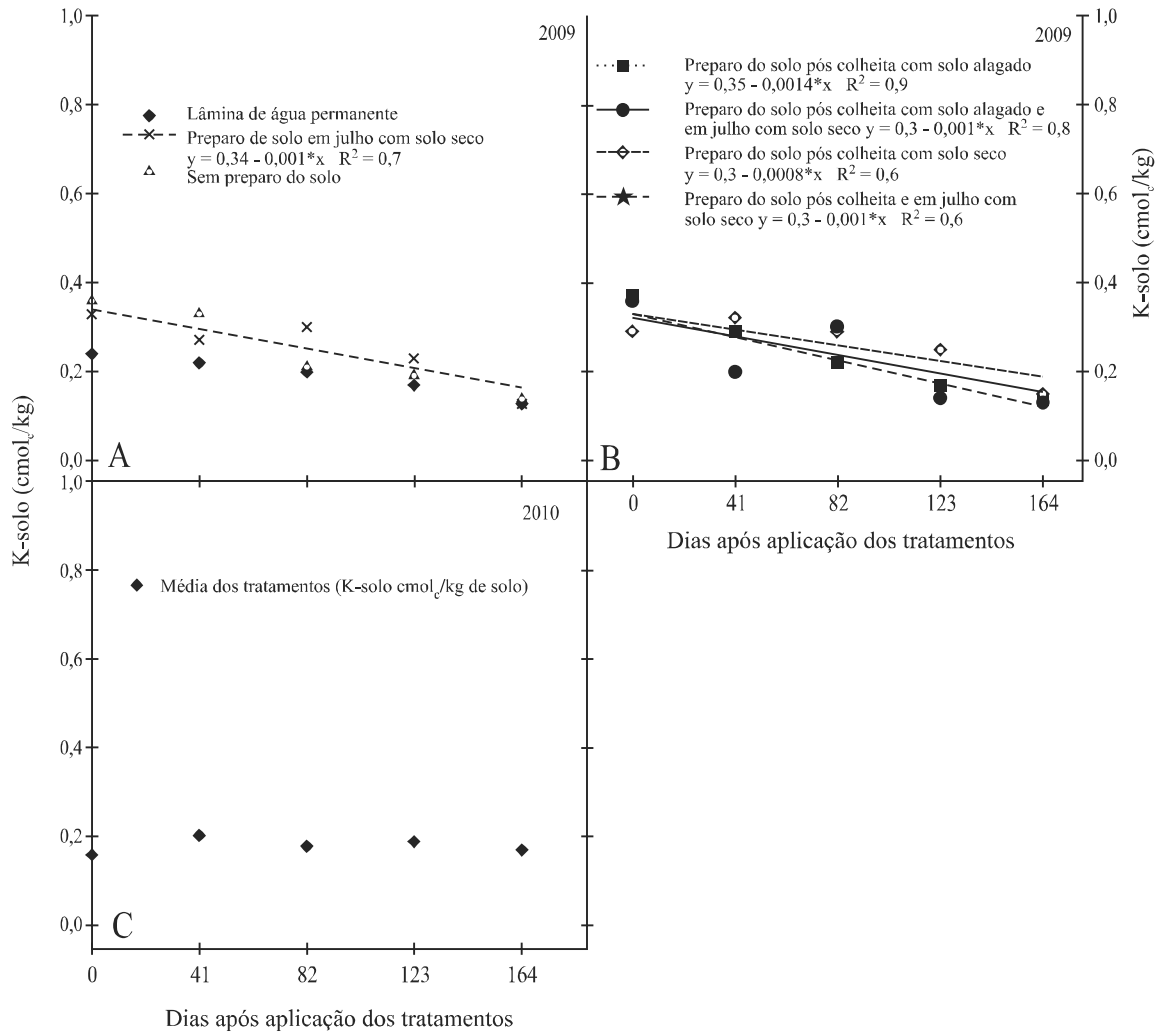
significativamente para os valores de P disponível no solo em curto prazo. Dessa forma, torna-se necessário avaliar melhor os efeitos da incorporação da palha sobre a distribuição de P no perfil e eventuais efeitos do P orgânico sobre a disponibilidade às plantas não detectada pela análise do P disponível por meio do extrator Mehlich-1.

Em 2009 o teor de potássio (K) do solo apresentou redução significativa para os tratamentos que tiveram algum tipo de preparo de solo (Figura 5A e 5B). É possível que o revolvimento do solo tenha posicionado o K em camadas subsuperficiais ou facilitado a taxa de infiltração de água e, dessa forma, tenha carregado o K para uma camada abaixo daquela usada à coleta de solo ou até mesmo alguma perda por escoamento superficial. Além disso, a drenagem da água nos tratamentos com solo alagado pode ter contribuído para redução dos níveis de potássio no solo. Por outro lado, a não alteração dos valores de K disponível no tratamento com lâmina de água permanente pode estar relacionada à baixa taxa de infiltração de água no perfil e, dessa forma, pouca movimentação de K no perfil ou mesmo perdas por escoamento superficial.

No ano de 2010, o teor de K do solo não foi influenciado pelas datas de coleta nem pelos sistemas de preparo do solo (Figura 5C), resultado diferente do ano anterior. Os valores de potássio obtidos, no segundo ano permaneceram em torno de 0,16 cmol_c kg⁻¹ de solo, sendo praticamente o mesmo valor alcançado na última coleta do primeiro ano. Como o K não faz parte de estruturas orgânicas na planta (BURESH; PAMPOLINO; WITT, 2010), sua liberação ao solo após a colheita deve ser rápida e não dependente do manejo da palha de arroz.

De forma geral, observa-se que o preparo do solo com seus respectivos manejo da palha influenciam mais efetivamente o N mineral do que o P e o K disponíveis do solo, mas ao final do período avaliado se observa pouca contribuição em relação aos valores iniciais desses nutrientes. Dessa forma, considerando os resultados da análise do solo, a decisão de manejo dos resíduos pós-colheita do arroz irrigado parece ser mais dependente das condições operacionais de preparo da lavoura para a próxima safra do que seus efeitos sobre a disponibilidade de nutrientes no solo.

Figura 5 - Teores de potássio do solo nos tratamentos com lâmina permanente de água, sem preparo de solo, e preparo do solo em julho (A), e preparo do solo seco pós colheita, pós colheita e em julho com solo seco, preparo pós colheita com solo alagado e preparo pós colheita com solo alagado e em julho com solo seco (B), nos anos de 2009 e a média geral de todos os tratamentos (C) no ano de 2010. Santa Maria, RS, 2012. *Modelos matemáticos de regressão significativos ($p < 0,05$)



CONCLUSÃO

Independente do manejo pós-colheita utilizado para a palha de arroz irrigado, não houve alteração significativa nos teores de nitrogênio mineral e fósforo e potássio disponíveis do solo ao final do período de entressafra. Entretanto, aos 82 dias após aplicação dos tratamentos o tratamento com preparo pós-colheita com solo alagado foi o que apresentou os menores teores de nitrogênio mineral no ano de 2009.

REFERÊNCIAS

BIJAY-SINGH *et al.* Crop residue management for lowland rice-based cropping systems in Asia. **Advances in Agronomy**, v. 98, p. 117-199, 2008.

BIRD J. A. *et al.* Immobilization of fertilizer nitrogen in rice: effects of straw management practices. **Soil Science Society of America Journal**, v. 65, n. 4, p. 1143-1152, 2001.

BURESH R. J.; PAMPOLINO, M. F.; WITT, C. Field-specific potassium and phosphorus balances and fertilizer requirements for irrigated rice-based cropping systems. **Plant and Soil**, v. 335, n. 1/2, 2010.

EMPRESABRASILEIRADEPESQUISAAGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília: Embrapa-SPI, 2006. 306 p.

INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ. **Área, produção e produtividade de arroz irrigado**. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/uploads/anexos/1313154576_Area_Producao_e_Produtividade.pdf>. Acesso em: 17 set. 2011.

- LOBO JÚNIOR, M.; SOUZA, J. N. G. de; SANTOS, A. B. dos. **Processos biológicos e densidade de microrganismos em solo de várzea tropical cultivado com forrageiras para implantação do arroz no sistema plantio direto**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 6 p. (Comunicado Técnico, 89) Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/213627/1/comt89.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2011.
- LINQUIST, B. A.; BROUDER S. M., HILL J. E. Winter straw and water management effects on soil nitrogen dynamics in California rice systems. **Agronomy Journal**, v. 98, n. 4, p. 1050-1059, 2006.
- LOUZADA, J. A.; CAICEDO, N. O.; HELFER, F. Condições de drenagem relacionadas ao trânsito de máquinas em solo de várzea (RS-Brasil). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**. v. 12, n. 1, p. 98-105, 2008.
- MISHRA, B.; SHARMA, P. K.; BRONSON, K. F. Decomposition of rice straw and mineralization of carbon, nitrogen, phosphorus and potassium in wheat field soil in western Uttar Pradesh. **Journal Indian Society of Soil Science**, v. 49, n. 3, p. 419-424, 2001.
- MONGKOL T. A. P.; ANAN, P. **Improvement of paddy soil for organic rice (in Thai)**. Department of Extension Cooperative, Ministry of Agriculture and cooperatives, 2006. 22 p.
- MOREIRA F. M. S.; SIQUEIRA J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA. 2006. 729 p.
- MURPHY, J.; RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analytica Chimica Acta**, v. 27, p. 31-36, 1962.
- NOVAIS R. F. *et al.* **Fertilidade do solo**. Viçosa MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.
- PAMPOLINO, M. F. *et al.* Soil Carbon and Nitrogen Changes in Long-Term Continuous Lowland Rice Cropping. **Soil Science Society of America Journal**, v. 72, n. 3, p. 798-807, 2008.
- RHODEN, A. C. *et al.* Mineralização anaeróbica do nitrogênio em solos de várzea do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 36, n. 6, p. 1780-1787, 2006.
- SCALENGHE, R. *et al.* The influence of pulsed redox conditions on soil phosphorus. **Biogeosciences Discussion**, v. 7, p. 9009-9037, 2010.
- SHENKER, M. *et al.* Redox reactions and phosphorus release in re-flooded soils of an altered wetland. **European Journal of Soil Science**, v. 56, n. 4, p. 515-525, 2005.
- TAKAHASHI S. *et al.* Short and long-term effects of rice straw application on nitrogen uptake by crops and nitrogen mineralization under flooded and upland conditions. **Plant and Soil**, v. 251, n. 2, p. 291-301, 2003.
- TEDESCO, M. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim técnico, 5).
- TOURNA, M. *et al.* Growth, activity and temperature responses of ammonia-oxidizing archaea and bacteria in soil microcosms. **Environmental Microbiology**, v. 10, n. 5, p. 1357-1364, 2008.
- UNGER, I. M.; MUZIKA, R.; MOTAVALLI, P. P. The effect of flooding and residue incorporation on soil chemistry, germination and seedling growth. **Environmental and Experimental Botany**, v. 69, n. 2, p. 113-120, 2010.
- YADVINDER-SINGH R. K. G. *et al.* Placement effects on rice residue decomposition and nutrient dynamics on two soil types during wheat cropping in rice-wheat system in northwestern India. **Nutrient Cycling Agroecosystems**, v. 88, n. 3, p. 471-480, 2010.