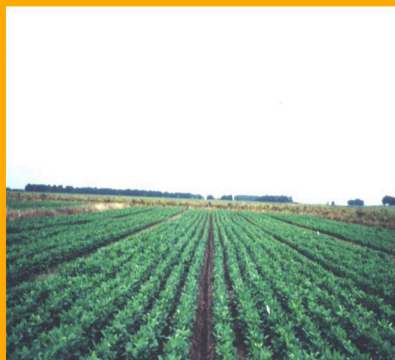
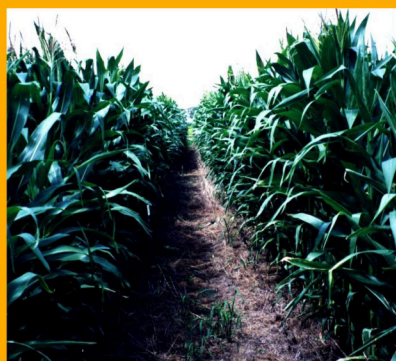


Uso de fosfato natural no cultivo de arroz, soja e milho em rotação, no sistema plantio direto





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

ISSN 1981-5980

Novembro, 2005

versão

ON LINE

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 20

Uso de fosfato natural no cultivo de arroz, soja e milho em rotação, no sistema plantio direto

Algenor da Silva Gomes
Luis Henrique Gularte Ferreira
Rafael Rodrigues Bender

Pelotas, RS
2005

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392 Km 78

Caixa Postal 403, CEP 96001-970 - Pelotas, RS

Fone: (53) 3275 8199

Fax: (53) 3275 8219 - 3275 8221

Home page: www.cpact.embrapa.br

E-mail: sac@cpact.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Walkyria Bueno Scivittaro

Secretária-Executiva: Joseane M. Lopes Garcia

Membros: Cláudio Alberto Souza da Silva, Lígia Margareth Cantarelli Pegoraro, Isabel Helena Vernetti Azambuja, Cláudio José da Silva Freire, Luís Antônio Suita de Castro

Suplentes: Daniela Lopes Leite e Luís Eduardo Corrêa Antunes

Revisores de texto: Sadi Macedo Sapper

Normalização bibliográfica: Regina das Graças Vasconcelos dos Santos

Editoração eletrônica: Oscar Castro

Foto da capa: Algenor da Silva Gomes

1a edição

1a impressão (2005): 200 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).

Gomes, Algenor da Silva.

Uso de fosfato natural no cultivo de arroz irrigado, soja e milho em rotação, no sistema plantio direto / Algenor da Silva Gomes, Luis Henrique Gularte Ferreira, Rafael Rodrigues Bender. -- Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005.

35 p. -- (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 20).

ISSN 1678-2518

1. Rotação de cultura - Fosfato solúvel - Solo de várzea - Plantio direto - Sistema convencional - Análise econômica - Sistematização do terreno. I. Ferreira, Luis Henrique Gularte. II. Bender, Rafael Rodrigues. III. Título. IV. Série.

CDD 631.582

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Materiais e Métodos	11
Resultados e Discussão	15
Conclusões	29
Considerações Finais	30
Agradecimentos	31
Referências Bibliográficas	31

Uso de fosfato natural no cultivo de arroz irrigado, soja e milho em rotação, no sistema plantio direto

Algenor da Silva Gomes¹
Luis Henrique Gularte Ferreira²
Rafael Rodrigues Bender³

Resumo

Os solos de várzea do Rio Grande do Sul (RS) apresentam, assim como grande parte dos solos brasileiros, baixa disponibilidade de fósforo (P) para as plantas, requerendo adições freqüentes deste nutriente para que as culturas expressem seu potencial produtivo e se mostrem economicamente viáveis. Nos últimos anos, os fosfatos naturais reativos (FNr) vêm se consolidando como fonte alternativa aos fosfatos solúveis (FS), no suprimento de P às plantas. Avaliações da eficiência agrônômica destas fontes, contemplando rotação de culturas em áreas de várzea, são escassas. Objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes doses de P_2O_5 , aplicadas em proporções variáveis de FS e FNr, para o ciclo de rotação arroz-milho-soja-arroz, no sistema plantio direto (PD), em área de várzea. O trabalho, realizado na área experimental da Embrapa Clima Temperado, em um Planossolo Hidromórfico, foi delineado em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com quatro repetições. As proporções de FS, como superfosfato triplo (SFT) e de FNr, como fosfato de Arad foram as seguintes: 100% SFT; 75% SFT + 25% FNr; 50% SFT + 50% FNr; 25% SFT + 75% FNr e 100% FNr. Além destes, foram avaliados dois tratamentos adicionais FNr de Arad parcialmente acidulado FNPAC, no PD, e SFT, no sistema convencional SC, todos alocados nas parcelas principais. As

¹ Pesquisador da Embrapa Clima Temperado.

² Pesquisador visitante - Convênio Embrapa Clima Temperado/Petrobras/Fapeg.

³ Estudante da FAEM-UFPe e Estagiário da Embrapa Clima Temperado.

doses de P_2O_5 (0, 20, 40, e 60 kg de P_2O_5 ha⁻¹) foram alocadas nas subparcelas. Também foram avaliados os efeitos da sistematização do solo (altura de corte/aterro) sobre a produtividade das culturas. Os resultados de produtividade de grãos foram submetidos à análise da variância. A discriminação da variação entre proporções de FS e FNr foi realizada pelo teste de Duncan, e os efeitos de doses de P submetidos à análise de regressão. A análise econômica teve como base a cultura do arroz da última safra. Não houve influência das doses de P_2O_5 sobre as produtividades das culturas envolvidas na rotação. Nas safras 99/00 e 00/01, respectivamente, as produtividades não foram influenciadas pelas diferentes combinações estabelecidas entre as duas fontes de P avaliadas. Na safra 01/02 a produtividade da soja foi favorecida pelo uso isolado do SFT no PD e pela combinação das fontes, em percentagens iguais (50% de SFT + 50% de FNr), em relação ao uso de SFT no SC. Na safra 02/03, final do ciclo da rotação, a produtividade do arroz foi favorecida pelo uso combinado de FNr e SFT, com tendência de aumento de produtividade com o incremento da participação de FNr na combinação. O uso de FNr favoreceu a rentabilidade do sistema produtivo de arroz irrigado no ciclo de rotação. Alturas de corte no solo superiores a 6 cm contribuíram para reduzir a produtividade das culturas, com reflexo negativo na receita bruta do sistema.

Termos para indexação: fosfato solúvel, solos de várzea, sistema convencional, análise econômica, sistematização do terreno.

Use of natural phosphate in a rotation of flooded rice, soybean and corn, in no-till system

Abstract

The lowland soils of Rio Grande do Sul, Brazil, have low levels of phosphorus (P) available to the plants, similarly to great part of Brazilian soils. Therefore, they require frequent applications of this nutrient, in order to allow the crops to express its maximum yield and economically viability. In the last years, the reactive natural phosphates (RNP), along of the soluble phosphates (SP), are consolidating as alternative sources of P. Evaluations of the agronomic efficiency of these P sources, including crop rotation schemes in lowlands, practically do not exist. The main objective of this work is to evaluate the effects of P_2O_5 doses, applied in variable proportions of SP and RNP, during a cycle of rice-corn-soy-rice, in lowlands no-till system (NT). The experiment, conducted in a Hydromorphic Planosol, at Embrapa Clima Temperado, was a split-plot design with four replications. Proportions of SP and RNP (100% SP; 75% SP + 25% RNP; 50% SP + 50% RNP; 25% SP + 75% RNP; and 100% RNP), plus two additional treatments [an Arad-RNP acidulated and granulated, in NT, and a SP, in conventional system (CS)] constituted the main plots whereas the P_2O_5 doses (0, 20, 40, and 60 kg ha⁻¹) were the subplots. Super triple phosphate (STP, with 42% of P_2O_5) was the soluble phosphorus source. Data on yields was subjected to variance analysis, and the treatment means (SP: RNP proportions) were compared by Duncan Multiple Range Test. Results of P doses were submitted to the regression analysis, and an economic analysis of the 2003 rice production under rotation cycle was realized. The effect of soil preparation and leveling before the sowing crops (systematization) was also evaluated. There was not a significant

difference among the different P_2O_5 doses, in grain yields of 1999/00 and 2000/01 seasons. In 2001/02, the soybean yield was favored by STP alone in NT, and by combination of 50:50 of P sources, in relation to the use of STP in CS. In 2002/03, last rotation cycle, the rice yield was favored by the combined use of RNP and STP, with a tendency of increasing yield with the increment of RNP in the fertilizer proportion. The use of RNP increased the profitability of irrigated rice system under crop rotation system. Cutting heights above 6.0cm in soil systematization contributed to reduce the yields of crops, with negative consequence in the gross revenue of the crop system.

Index terms: soluble phosphates, lowlands, conventional system, economic analysis, lowland soil preparation.

Introdução

Os solos de várzea no Rio Grande do Sul ocupam uma área de aproximadamente 5,4 milhões de hectares (Pinto et al. 1999). Deste total, em torno de 3,0 milhões apresentam, atualmente, condições de serem utilizados com arroz irrigado. Todavia, apenas 1,0 milhão de hectares é cultivado anualmente com arroz comercial, o restante da área permanece em pousio, por 1 a 3 anos.

O monocultivo do arroz, ao longo do tempo, tem acarretado, entre outros problemas, a infestação de solos de várzea com plantas daninhas, principalmente com arroz-vermelho e preto, o que tem provocado a necessidade de longos períodos de pousio. Essa realidade tem gerado, nos órgãos de pesquisa e no âmbito dos Governos, preocupações no sentido da viabilização de sistemas alternativos de produção, entre os quais vêm se destacando a rotação de culturas e o sistema plantio direto (PD).

A diversificação de culturas em áreas de várzea, associada ao sistema de cultivo plantio direto, além de concorrer para reduzir a infestação de áreas com plantas daninhas, tem possibilitado um manejo racional dos solos de várzea. Isso amplia as possibilidades de utilização destes solos com culturas de sequeiro, como o milho e a soja, otimiza o uso de máquinas e de mão-de-obra e, em consequência, contribui para a redução dos custos de produção, melhoria do potencial produtivo dos solos e aumento da produtividade do arroz (Gomes et al., 2002).

Os solos de várzea apresentam, assim como grande parte dos solos

brasileiros, baixa disponibilidade de fósforo (P) para as plantas, requerendo adições freqüentes deste nutriente para que as culturas expressem seu potencial produtivo e se mostrem economicamente viáveis (Raij, 1991). As principais fontes de P utilizadas na agricultura são os fosfatos solúveis (FS). Estes são obtidos a partir do tratamento de rochas fosfáticas com ácidos e têm como principais representantes os superfosfatos e os fosfatos de amônio, os quais apresentam alta solubilidade em água (Malavolta, 1989). O processamento industrial envolvido em sua obtenção concorre para elevar os custos destas fontes. Adicionalmente, os fosfatos solúveis são mais suscetíveis às reações de fixação no solo do que os fosfatos naturais.

Nos últimos anos, com a apresentação dos FNr na forma farelada ao invés de pó, na qual 100% das partículas devem ter diâmetro menor que 4 mm e, no mínimo, 85% menor que 2,8 mm, e com menor custo por unidade de P_2O_5 em relação aos FS, vem se verificando um acentuado aumento na utilização destes fosfatos, notadamente no cultivo de espécies de sequeiro, (Horowitz, 1998). Além do que, são considerados ambientalmente mais corretos. Fosfatos naturais, como o Arad e o Gafsa, entre outros, quando incorporados ao solo em doses equivalentes de P_2O_5 total, têm apresentado, notadamente a partir do segundo cultivo, por seu efeito residual, eficiência agrônômica semelhante a do superfosfato triplo para culturas anuais, como milho, trigo e soja, em terras altas (Peruzzo & Wiethölter, 2000).

As pesquisas com FNr em solos de várzea, envolvendo a cultura do arroz irrigado, têm demonstrado, de um modo geral, que a eficiência agrônômica destes fosfatos é semelhante a dos FS (Patella, 1964; Scherer & Bacha, 1972; Scherer et al., 1974; Bacha et al., 1977; Lopes et al., 1983; Gomes et al., 2001; Gomes et al., 2004; Gomes et al., 2005). A sua utilização, embora mais econômica, não tem sido expressiva nesta cultura, provavelmente por aspectos relacionados ao tamanho da partícula, apresentado anteriormente em forma de pó, o que dificultava à sua distribuição, e ou pela falta de divulgação dos resultados de pesquisas já obtidos. Há evidências também, de que os fosfatos naturais reativos apresentam similaridade ao superfosfato triplo no cultivo do milho em sistema plantio direto, em solo de várzea (Gomes, et al., 2000).

Outro aspecto que deve estar diretamente relacionado à eficiência agrônômica dos FNr diz respeito ao sistema de cultivo utilizado. No sistema convencional, o revolvimento do solo associado à solubilidade dos FS pode promover maior adsorção de P do que a verificada para os FNr. Além do que, no PD, a disponibilidade de fósforo proveniente dos FNr pode ser favorecida em função da maior presença de prótons, o que contribui para a solubilização dos FNr (Novais & Smyth, 1999), e do aumento na população de microorganismos solubilizadores de fosfatos, decorrente do aumento de matéria orgânica (Nahas et al. 1994) e da menor adsorção dessas fontes no solo.

Em função do exposto, realizou-se este trabalho que teve como objetivo principal avaliar os efeitos imediato e residual do fosfato natural de Arad, em proporções variáveis com o superfosfato triplo, sobre o desempenho do arroz irrigado, do milho e da soja, cultivados em rotação, no sistema PD, em área de várzea. Também foram avaliados a economicidade do sistema sobre a produtividade do arroz, quando do fechamento do ciclo da rotação, e os efeitos de corte e aterro, provocados pela sistematização, sobre a produtividade das culturas.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, localizada no município de Capão do Leão - RS (31°52'00" Sul e 52°21'24" Oeste), com altitude média de 13,20 m em relação ao nível do mar. O experimento foi conduzido em um Planossolo Hidromórfico, com textura argilosa e relevo plano, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas (Pinto et al., 1999). Os atributos químicos indicadores da fertilidade do solo, determinados antes da implantação do ensaio, encontram-se na Tabela 1. A seqüência de culturas utilizada no experimento, a adubação e a época de semeadura são mostradas na Tabela 2.

Os tratamentos constituíram-se da substituição parcial ou total de FS por FNr nas doses de: 0, 20, 40 e 60 kg de P_2O_5 ha⁻¹, definidas a partir da dose de reposição de P_2O_5 para o milho (40 kg de P_2O_5 ha⁻¹), cultivado em seqüência ao arroz. As proporções de substituição do FS (superfosfato triplo - SFT) por fosfato natural de Arad, em cada uma

das doses, corresponderam a: 0, 25, 50, 75 e 100%. Além desses, foram avaliados, em todas as doses, dois tratamentos adicionais, correspondentes à aplicação isolada de fosfato de Arad acidulado granulado (FNPAC), no sistema PD, e de SFT, no sistema convencional (SC), considerado como testemunha relativa. Os tratamentos foram delineados em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com quatro repetições. As proporções de FS e FNr bem como os dois tratamentos adicionais foram alocados nas parcelas. As doses de P_2O_5 foram alocadas nas subparcelas. Às áreas das parcelas e subparcelas foram, respectivamente, de $60m^2$ (10 x 6m) e de $30m^2$ (5 x 6m).

Tabela 1. Valores médios de atributos químicos do solo determinados antes da implantação do ensaio.

Arg	M.O	pH	P	H+Al	Al	K	Na	Ca	Mg	CTC	V
g kg ⁻¹		Ind.	mg kg ⁻¹	cmolc dm ⁻³							%
240	24,5	5,2	10,3	3,6	0,4	0,08	0,19	3,1	1,8	8,76	59

Fonte: Laboratório de análise de solos da Universidade Federal de Pelotas.

Tabela 2. Seqüência de culturas utilizada no experimento, adubação NK e época de semeadura.

Safra	Verão - 1999/00	Verão - 2000/01	Verão - 2001/02	Verão -2002/03
Cultura	Arroz	Milho	Soja	Arroz
Cultivar	BRS 6 "Chuí"	Pioneer 3063	Embrapa 66	BRS 7 "Taim"
Adubação pré-plantio	100 kg ha ⁻¹ de uréia + 100 kg ha ⁻¹ de KCl	45 kg ha ⁻¹ de uréia 100 kg ha ⁻¹ de KCl	100 kg ha ⁻¹ de KCl	Sem adubação
Adubação de cobertura	100 kg ha ⁻¹ de uréia	Duas aplicações de 100 kg ha ⁻¹ de uréia	Sem adubação	Sem adubação
Semeadura Ciclo	1ª quinz. dez. Precoce	1ª quinz. nov. Precoce	1ª quinz. nov. Médio	1ª quinz. nov. Médio

Na implantação do experimento (safra 1999/00), em área sistematizada, foi utilizada a cultura do arroz irrigado no SC (Tabela 2). A adubação fosfatada (doses de P_2O_5) foi aplicada a lanço e incorporada ao solo, juntamente com a adubação em pré-plantio (NK). Nas safras posteriores, o sistema de cultivo utilizado foi o PD, à exceção do tratamento correspondente à testemunha relativa, onde se continuou a utilizar o SC. Nas safras seguintes a adubação em pré-plantio (NK) foi aplicada em superfície no PD e incorporada no SC. Independentemente de tratamento, foi adotada no experimento a seqüência de culturas: arroz/nabo-forrageiro/milho/ervilhaca + azevém/soja/nabo-forrageiro/arroz. De modo geral, as espécies utilizadas como cobertura morta não apresentaram, durante a condução do experimento, um bom desempenho, predominando como cobertura o azevém.

Embora, a implantação do experimento em terreno sistematizado não tenha sido planejada, constatou-se que este procedimento proporcionou muitas informações importantes, durante a condução do ensaio e após a análise dos resultados. Em função do que, se entendeu pertinente realizar uma avaliação dos seus efeitos sobre a produtividade das culturas testadas no experimento.

Para a avaliação da sistematização do solo sobre a produtividade das culturas foram utilizadas 70 parcelas, medindo cada uma 30 m², pertencentes a dois blocos do ensaio original, alocados na região de ocorrência dos maiores cortes e aterros. Para obter a estimativa da cota do centro de cada parcela, adotaram-se os seguintes procedimentos: a) a partir do mapa de levantamento planialtimétrico da área antes da sistematização (Lima, 1999), estimaram-se as cotas nos pontos não amostrados da área, pelo método de interpolação por Krigagem (Vieira, 2000); b) alocou-se no mapa planialtimétrico, resultante da interpolação, a área experimental; e, c) calculou-se a cota média de quatro vértices de um quadrado imaginário de 1 m de lado, situado no centro de cada parcela, sendo a média assumida como a cota representativa da parcela. De posse das cotas médias estimadas, procedeu-se a distribuição de freqüências das parcelas em classes, com intervalo de cota igual a 2,3 cm. Os valores médios de corte ou

aterro, para cada classe, foram obtidos pela diferença entre a cota média da área sistematizada e a cota do centro da classe. As variáveis dependentes submetidas à análise de regressão foram: teores de fósforo disponível na camada arável, após o primeiro cultivo do arroz, e o rendimento de grãos das culturas de arroz, soja e milho.

Também foi avaliado o efeito do encharcamento de parcelas sobre a produtividade de grãos da cultura do milho por meio de análise de regressão. O percentual médio de encharcamento (X) foi estabelecido visualmente em cada parcela, após dois dias da ocorrência de 55 mm de chuva, no mês de janeiro. Para a produtividade de grãos (Y), foi considerada a média das produtividades nas classes de encharcamento estabelecidas (0; 25; 50; 75 e 100%).

Para a elaboração deste trabalho, optou-se por eliminar um nível do Fator B (BO = Testemunha absoluta - sem aplicação de P_2O_5) e uma repetição (bloco). A decisão de não considerar uma repetição foi tomada com base na influência das alturas de corte e aterro sobre os parâmetros avaliados no ensaio. Assim, o bloco eliminado na análise foi o que apresentou maior influência das alturas de corte/aterro decorrentes da sistematização da área. Na eliminação da testemunha absoluta (BO), levou-se em consideração o objetivo principal do trabalho, que foi o de avaliar a adubação de sistema. Neste caso, não seria recomendado deixar de aplicar este nutriente por um período de quatro anos de cultivo.

Neste trabalho foram avaliadas a produtividade de grãos das culturas de verão [arroz (1999/2000), soja (2000/2001), milho (2001/2002) e arroz (2002/2003)], o retorno econômico da estratégia de adubação adotada, considerando-se a produtividade de grãos de arroz da última safra, e os efeitos sistemáticos dos fatores aleatórios, encharcamento do solo (produtividade do milho) e sistematização da área (produtividade do arroz, soja e milho). Os efeitos dos tratamentos de combinações de fontes de P sobre a produtividade de grãos foram testados por meio de análise da variância. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Duncan a 5%. Os efeitos de doses de P_2O_5 foram submetidos à análise de regressão polinomial.

Resultados e Discussão

Análise das produtividades de grãos

Os resultados de produtividade de grãos das culturas, em função de doses de P_2O_5 , são apresentados na Tabela 3 e, em função de combinações de fontes de P, na Tabela 4, considerando apenas os efeitos principais, tendo em vista a ausência de interação significativa entre combinações de fontes e doses de P. A análise de regressão não detectou efeito significativo de doses de P_2O_5 para nenhuma das culturas avaliadas.

A aplicação isolada de FNr ou combinada com FS não afetou a produtividade do arroz no primeiro cultivo, demonstrando a viabilidade do uso de FNr em solos com teores “suficientes” de P para a cultura (acima de 6 mg dm^{-3}). Em estudos de calibração de P, desenvolvidos por vários autores, para a cultura do arroz irrigado (Patella, 1964 e 1965; Scherer & Bacha, 1972; Scherer et al., 1974; Bacha et al., 1977; Lopes et al., 1983, Gomes et al., 2001; Gomes et al., 2004 e Gomes et al., 2005), não foram encontradas respostas imediatas da produtividade de grãos de arroz a diferentes fontes de P adicionadas ao solo. Segundo Vahl (1999), a ausência de resposta da cultura ao P-fertilizante é devida pelo menos a dois fatores: a) a planta de arroz apresenta capacidade de absorção de P mesmo em baixas concentrações do nutriente na solução do solo; e, b) ao aumento da disponibilidade de P em solos alagados, devido, principalmente, à maior concentração e difusão do nutriente até as raízes.

Por outro lado, o monocultivo do arroz, praticado em larga escala no RS, é geralmente precedido de adubações elevadas com fósforo, mesmo em níveis caracterizados na análise de solo como superiores aos determinados, inicialmente, neste trabalho. Ademais, a estratégia de adubação fosfatada adotada visou a adubação do sistema e não somente da cultura do arroz. Portanto, os resultados obtidos no primeiro cultivo já eram esperados. As Figuras 1 e 2 dão uma idéia do desenvolvimento da cultura do arroz, nas safras 1999/2000 e 2002/2003, respectivamente.

Tabela 3. Produtividade de grãos de arroz, soja e milho, cultivados em sistema de rotação, em função de doses de P_2O_5 total aplicadas anteriormente ao primeiro cultivo.

Dose de P_2O_5 total (kg ha ⁻¹)	Produtividade de grãos, kg ha ⁻¹			
	Arroz 1º cultivo	Milho 2º cultivo	Soja 3º cultivo	Arroz 4º cultivo
20	6411 ^{ns}	5894 ^{ns}	1810 ^{ns}	7674 ^{ns}
30	6861	6232	1911	7915
40	6605	6186	1922	7767
60	6633	6075	1862	7860
Média	6628	6097	1876	7804
CV%	8,29	24,38	14,62	9,37

^{ns} Não significativo (Teste F na análise de regressão).

Tabela 4. Produtividade de grãos das culturas de arroz irrigado (cv. BRS 6 “Chuí” e cv. BRS 7 “Taim”), milho e soja, cultivadas em sistema de rotação, em função de percentagens de substituição de fosfato solúvel por fosfato natural reativo e sistema de cultivo.

% FS e FNR	Produtividade de grãos, kg ha ⁻¹			
	Arroz*	Milho	Soja	Arroz
100% FS - PD	-----	5877 ^{ns}	1974 a	7584 bc
75% FS - 25% FNR - PD	6454 ^{ns}	6993	1812 ab	7764 ab
50% FS - 50% FNR - PD	6488	6880	1981 a	7796 ab
25% FS - 75% FNR - PD	6770	5423	1905 ab	8052 ab
100% FNR - PD	7036	5335	1923 ab	8094 a
100% FNPAC - PD	6449	5658	1819 ab	8057 ab
100% FS - SC	6598	6510	1718 b	7281 c
Média	6628	6097	1876	7804
CV%	3,90	20,42	6,31	3,20

*No 1º ano todos os tratamentos foram conduzidos no SC e a cv. de arroz utilizada foi a BRS 6 “Chuí”. PD = plantio direto, SC = sistema convencional.

**Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si (Duncan, 5%). ^{ns} Não significativo.

Foto: Algenor Gomes



Fig. 1. Arroz irrigado na fase vegetativa (cv. BRS "Chuí"). Pelotas, RS. Safra 1999/2000.

Foto: Algenor Gomes



Fig. 2. Arroz irrigado na fase de maturação (cv. BRS "Taim"). Pelotas, RS. Safra 2002/03.

Na safra 2000/01, foi implantada a cultura do milho, em condições de sequeiro. O volume e a distribuição de chuvas no mês de novembro (Figura 3) favoreceu o estabelecimento e o desenvolvimento da cultura, principalmente no sistema plantio direto (Figura 4). Todavia, em algumas parcelas experimentais, o excesso de chuvas, registrado nos meses de dezembro e janeiro, prejudicou o desenvolvimento normal do milho. O efeito do encharcamento do solo, verificado no mês de janeiro, sobre a produtividade do milho pode ser observado na Figura 5. Em média, houve um decréscimo na produtividade de grãos da ordem de 38 kg ha⁻¹ para o aumento de 1% no percentual de área encharcada. A variação sistemática da produtividade com o encharcamento do solo demonstra a necessidade, quando da condução de experimentos em áreas de várzea, da avaliação do percentual de encharcamento das parcelas experimentais, como forma de explicar, em parte, diferenças acentuadas entre tratamentos.

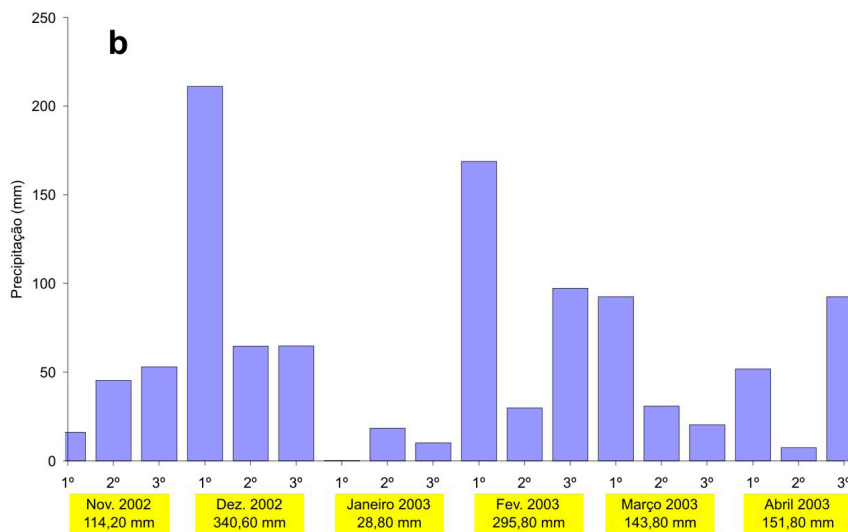


Fig. 3. Precipitação mensal, por decêndio, registrada no período de Implantação e condução da cultura do milho. Pelotas, RS. Safra 2000/2001.

A produtividade de milho também não foi afetada pelas diferentes combinações de FNr e FS testadas (Tabela 4), embora tenham sido observadas diferenças da ordem de 1116 kg ha^{-1} , entre os tratamentos correspondentes a aplicação de 100% FS (PD) e 75% FS + 25% FNr (PD). Esta diferença pode estar relacionada à sensibilidade da cultura a cortes no terreno e a problemas decorrentes do alto volume de chuva observado, em alguns meses, durante o desenvolvimento do milho (Figura 3). No entanto, mesmo nessas condições, o milho apresentou uma produtividade média no experimento de 6097 kg ha^{-1} , demonstrando o potencial da cultura como componente do sistema de produção. Gomes et al. (2000) não constataram diferenças entre fontes de fósforo na produtividade do milho cultivado em plantio direto, no mesmo tipo de solo, tendo a eficiência dos FNr, relativamente ao FS, aumentada com o tempo de cultivo.

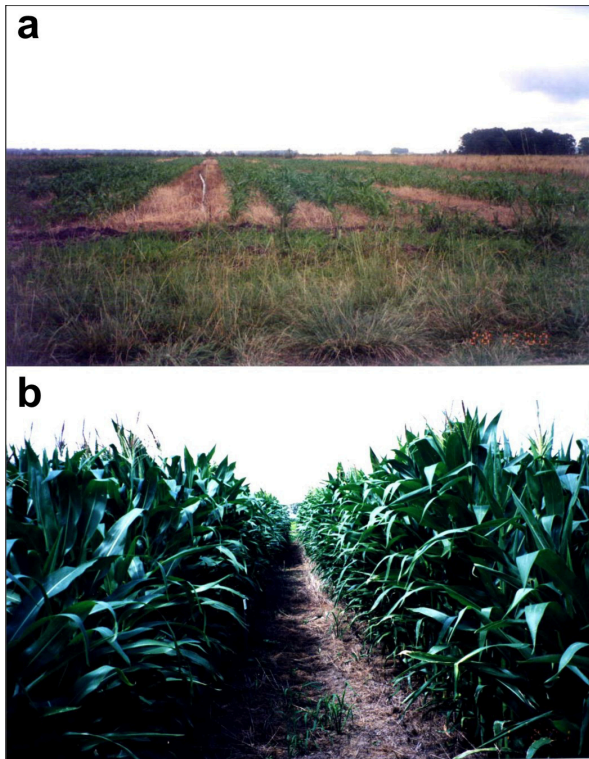


Fig. 4. Fases de estabelecimento (a) e desenvolvimento da cultura do milho (b). Cultivar Pioneer 3063. Pelotas, RS. Safra 2000/2001.

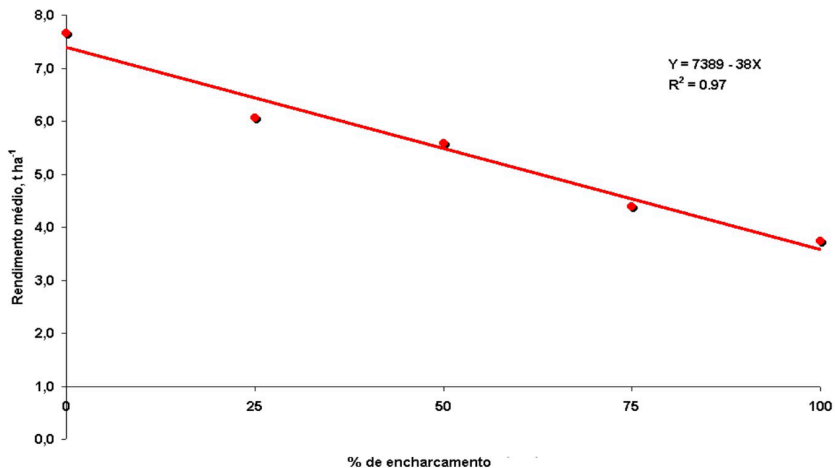


Fig. 5. Correlação entre a percentagem da área da parcela experimental encharcada (observação visual) no período vegetativo e o rendimento de grãos de milho.

Na safra 2001/02, a cultura implantada foi soja. No mês de novembro, as condições de precipitação favoreceram a emergência e o estabelecimento da cultura (Figura 6). Até o final de fevereiro, as condições climáticas foram adequadas, como mostra a Figura 7 (plantas com bom desenvolvimento vegetativo - estágio V5 no final de janeiro). Entretanto, o grande volume de chuvas ocorrido em março e abril (Figura 6) comprometeu a formação e o enchimento de grãos, bem como intensificou a ação de organismos patogênicos, como fungos causadores das doenças de final de ciclo. Estes aspectos, somados àqueles relacionados à dificuldade na colheita pelo excesso de chuvas, concorreram para a redução do rendimento de grãos da cultura.

Não foi constatada diferença entre fontes de P, quando a soja foi cultivada no sistema plantio direto. No entanto, a menor produtividade de grãos foi observada quando se utilizou a fonte solúvel isoladamente, no sistema convencional de cultivo. O benefício do plantio direto para a cultura da soja pode ser destacado pela produtividade de 256 kg ha⁻¹ de soja a mais neste sistema, quando comparado ao sistema convencional, tomando como base a aplicação integral de SFT (Tabela 4).

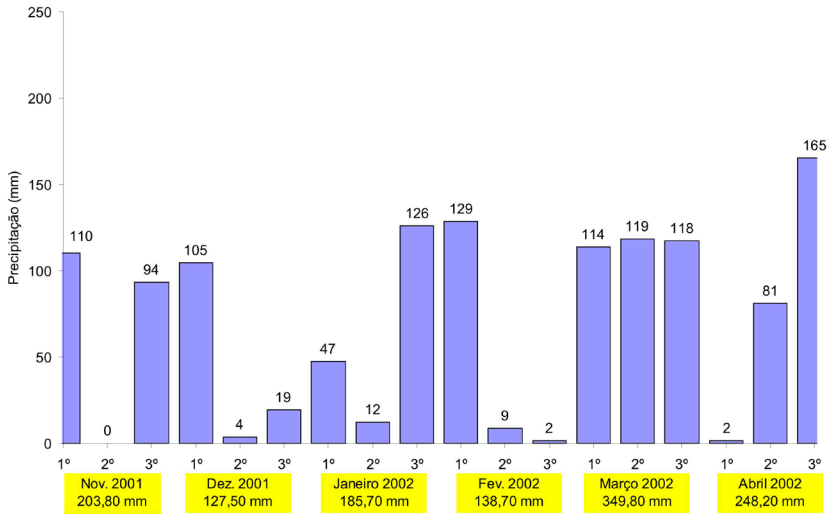


Fig. 6. Precipitação mensal, por decêndio, registrada no período de Implantação e condução da cultura do soja. Pelotas, RS. Safra 2001/2002.



Fig. 7. Área experimental com soja, em 25 de janeiro (plantas em estágio V5). Pelotas, RS. Safra 2002.

No quarto (e último) ano da rotação, a cultura do arroz irrigado voltou ao sistema produtivo. Os tratamentos que continham FNr se destacaram positivamente, produzindo entre 180 e 510 kg ha⁻¹ a mais do que o tratamento em que a adubação fosfatada foi realizada exclusivamente com fosfato solúvel. O arroz cultivado no sistema convencional produziu menos do que qualquer um dos tratamentos em que a adubação fosfatada conteve, em alguma proporção, fosfato natural reativo. Foi observada uma tendência de aumento na produtividade, à medida que aumentou a participação percentual de FNr na combinação com FS (Tabela 4). A produtividade obtida com a aplicação isolada de FNr foi de 8094 kg ha⁻¹, contra 7433 kg ha⁻¹ obtida com aplicação isolada de SFT (média dos sistemas convencional e direto). Para o arroz, o comportamento semelhante apresentado pelos FNr e FS no primeiro cultivo e o melhor desempenho residual apresentado pelos FNr, após três cultivos, reforçam a possibilidade do uso desta fonte de fósforo em sistemas de rotação de culturas para solos de várzea, com teores de P superiores ao nível crítico.

A ausência de resposta positiva da cultura do arroz irrigado à adubação fosfatada é normalmente observada em solos de várzea, notadamente quando estes são utilizados por longos períodos com essa cultura. Ademais, a submersão do solo, condição predominante na maior parte do período de desenvolvimento da cultura do arroz irrigado, propicia o aumento da disponibilidade da maioria dos nutrientes, notadamente de P, como resultado do processo de redução que se estabelece no solo, sob condições de alagamento. Entretanto, os resultados obtidos neste trabalho demonstram efeito positivo da adubação fosfatada com fosfato natural reativo, após três safras consecutivas, sobre o rendimento de grãos de arroz, o que demonstra os benefícios do sistema PD associado à rotação de culturas no aproveitamento do P-FNr.

No sistema convencional, o revolvimento do solo associado à solubilidade dos FS pode promover maior adsorção de P do que a verificada para os FNr. Além do que, no PD, a disponibilidade de fósforo proveniente dos FNr pode ter seus valores aumentados pelos seguintes aspectos: a) maior liberação de prótons, que favorecem a solubilização dos FNr (Novais & Smyth, 1999); b) aumento na população de microorganismos solubilizadores de fosfatos, devido ao aumento de matéria orgânica (Nahas et al. 1994); e, c) menor adsorção dessas fontes no solo.

Novais et al. (1985), observaram em sorgo, cultivado em casa-de-vegetação e em Latossolo Vermelho Escuro, maior solubilização de fosfatos com o aumento do revolvimento do solo, o que não se refletiu no crescimento das plantas e nem em seus teores de P. Embora não quantificada neste ensaio, a maior solubilização e posterior adsorção do FS com as partículas do solo poderiam explicar, pelo menos em parte, as menores produtividades de grãos de arroz, observadas na última safra, com o uso isolado desta fonte de P, principalmente no SC, onde o revolvimento do solo é intenso.

De outro modo, a necessidade de prótons para a dissolução dos FNr pode ser suprida pelo solo, pela planta (Novais & Smyth, 1999), pela decomposição da matéria orgânica e pela aplicação de fertilizantes nitrogenados (Bohnen, 2000). De acordo com Novais & Smyth (1999), o aumento nas concentrações de cálcio e fósforo próximo às partículas de FNr, leva a uma restrição na sua dissolução. Por outro lado, maior dreno para o cálcio e para o P são condições favoráveis à dissolução de FNs. Nesse contexto, os resultados obtidos com esta fonte de P, neste ensaio, podem estar relacionados à contribuição do plantio direto e à adubação nitrogenada utilizada durante o ciclo de rotação e, possivelmente, à capacidade da soja em absorver Ca e, deste modo, acidificar o pH da rizosfera.

Análise econômica dos resultados

Após constatada a viabilidade técnica do uso de fosfatos naturais no ciclo de rotação arroz-milho-soja-arroz, procurou-se verificar a viabilidade econômica da estratégia de adubação adotada. Na elaboração da Tabela 5, foram considerados os custos com a adubação fosfatada no ano de implantação do ensaio, considerando os valores percentuais, componentes da dose de P_2O_5 utilizada, tomando como referência o custo da aplicação do FS, em unidade de P_2O_5 .

No cálculo da receita bruta, foram consideradas apenas as produtividades de arroz obtidas na última safra (2002/03). Este procedimento foi adotado em vista de que as maiores diferenças de produtividade, em função das estratégias de adubação adotadas, terem sido observadas nessa safra. Como não houve efeito significativo de doses de P_2O_5 , na produtividade da cultura, foi tomada a média das doses testadas ($37,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5). O preço para o FNPAC foi considerado 25% superior ao FNr.

Na Tabela 5 é possível verificar, para as condições do ensaio, que a redução no custo com adubação fosfatada chegou a 45%, quando a fonte solúvel foi substituída integralmente pelo fosfato de Arad. Esta prática foi responsável pelo maior retorno da adubação medido em R\$ ha⁻¹. Somando o valor economizado na adubação fosfatada com o retorno máximo proporcionado pela aplicação de 100% de FNr no sistema plantio direto, obteve-se uma economia estimada em R\$ 543,00 ha⁻¹ ou 14 sacos ha⁻¹ de grãos de arroz (preço da saca de arroz de 50 kg, praticado em 31/08/2004, igual a R\$ 37,91). Por outro lado, no sistema convencional, houve perda, em média, de 6 sacos ha⁻¹, quando comparado ao PD (Tabela 5).

Tabela 5. Retorno financeiro da adubação considerada no experimento, relativo à utilização de FS (SFT) no sistema plantio direto, considerando o arroz cultivado no final do ciclo da rotação.

Combinação de fontes	¹ Custo por un. de P ₂ O ₅ (R\$ kg)	Custo Eq. PS (%)	¹ Receita Bruta (R\$ ha ⁻¹)	Retorno relativo ao FS em PD (R\$ ha ⁻¹)
100% FS ² - PD	2,80	100	5750	0
75% FS + 25% FN - PD	2,49	89	5887	136
50% FS + 50% FN - PD	2,18	78	5911	161
25% FS + 75% FN - PD	1,86	67	6105	355
100% FN - PD	1,55	55	6137	387
100% FNPAC. - PD	1,94	69	6109	359
100% FS - SC e PD	2,80	100	5520	-230

¹Preços praticados em 31/08/2004.

Além do benefício comprovado da rotação de culturas, associada ao uso de FNr no sistema plantio direto, na economicidade do sistema de produção de arroz preconizado neste trabalho, deve ser destacada a economia na adubação mineral de N e K, obtida com esta prática na última safra de arroz. A estratégia adotada teve como base os seguintes aspectos: a) ausência de resposta da cultura à adubação potássica, nas regiões orizícolas do Estado Rio Grande do Sul (Murdock et al., 1965; Scherer et al., 1974; Machado, 1993, Segabinazzi et al. 2001); b) aplicação de 180 kg ha⁻¹ de K₂O no total das safras anteriores; e, c) benefício da soja na disponibilização de nitrogênio para a cultura posterior.

Influência da sistematização nos resultados experimentais

A sistematização, como uma das práticas utilizadas para adequação da superfície do solo, consiste na movimentação de terra, a fim de transformar a superfície natural num plano ou numa superfície curva organizada (Parfitt & Silva, 2000). Sua realização em áreas de várzeas, além de viabilizar a implantação de rotação de culturas, tem facilitado e otimizado as práticas de manejo utilizadas tanto no cultivo de espécies de sequeiro, com no arroz irrigado. Entretanto, os solos de várzea do RS, de maneira geral, apresentam limitações para cortes superiores a 10 cm (Parfitt et al., 1999).

A análise dos teores de P disponível no solo demonstra que estes foram marcadamente afetados pelas alturas de corte e aterro efetuadas na área de estudo (Figura 8a). O nível médio estimado deste nutriente chegou a ser inferior a $1,2 \text{ mg dm}^{-3}$, quando a remoção da camada arável atingiu 9 cm. O modelo quadrático ajustado para explicar a variação dos níveis de fósforo disponível em função das alturas de corte/aterro, deixa claro que à medida que foi reduzida a profundidade de corte, as variações nos teores do elemento tenderam a diminuir, atingindo o ponto de máximo ($7,2 \text{ mg dm}^{-3}$) com aterro de aproximadamente 7,4 cm de solo. Esta variação afetou significativamente a produtividade d cultura do arroz, conforme mostra a Figura 8b. Esta constatação comprova a necessidade de considerar-se a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo que determinam sua fertilidade, notadamente no que se refere à adubação fosfatada, quando se objetiva implantar ensaios de adubação em áreas de várzea, bem como a condução de lavouras comerciais. Em se tratando de ensaios de adubação, em áreas sistematizadas, os efeitos da adubação, com base na média, poderão mascarar as respostas aos tratamentos.

Na Figura 9, observa-se que a resposta dos valores médios de produtividade de grãos de arroz (Y), em função da profundidade média de corte/aterro (X), apresentou um comportamento quadrático, verificando-se reduções do rendimento ocasionadas pelos cortes no terreno. Na altura máxima de corte realizada nas parcelas (em torno de 10 cm), a produtividade sofreu reduções de 23% e 34% em relação àquela observada na cota média, nas safras 1999/00 e 2002/03, respectivamente.

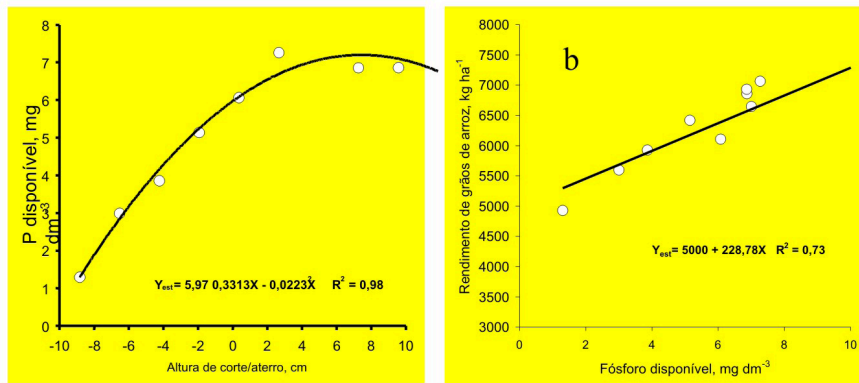


Fig. 8. Teores de P disponível no solo, em função da altura de corte ou aterro (a) e correlação entre os teores de fósforo disponível e rendimento de grãos de arroz (b). Pelotas, RS. Safra 1999/2000.

Na safra 1999/00, a produtividade média de grãos de arroz estimada foi de 5,0 t ha⁻¹, nas parcelas onde a altura de corte correspondeu a 10 cm, alcançando um valor máximo estimado de 6,8 t ha⁻¹ de grãos de arroz para uma altura média de aterro de 7,9 cm. Já na safra 2002/2003, a produtividade mínima estimada para o arroz foi de 4,6 t ha⁻¹ nas parcelas em que a altura de corte foi de 10 cm, enquanto que a máxima (7,9 t ha⁻¹) foi obtida quando a altura de aterro foi de 10,5 cm (Figura 9). Ademais, as diferenças de produtividade de arroz entre as duas safras foram mais acentuadas para cortes no terreno inferiores a 6 cm, sugerindo que os prejuízos decorrentes de cortes superiores a este valor foram mais significativos que os benefícios associados à adubação fosfatada e rotação de culturas.

A sensibilidade manifestada pelo milho e pela soja, em termos de rendimento de grãos, às variações de corte e aterro (Figuras 10 e 11), foi maior que a observada para o arroz (Figura 9), sendo o menor rendimento relativo, estimado para o milho, na maior profundidade de corte, de 36% (2,4 t ha⁻¹) e para a soja de 45% (0,8 t ha⁻¹).

RESULTADOS - Produtividade do arroz

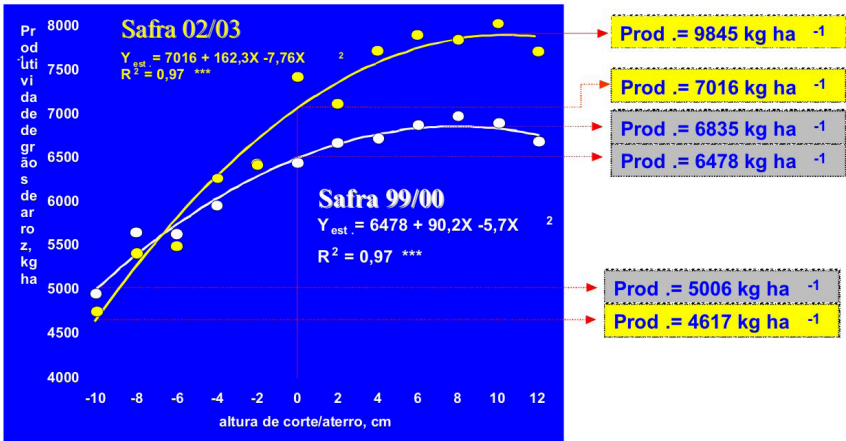


Fig. 9. Produtividade de grãos de arroz (safras 1999/00 e 2002 /03), em função da altura de corte/aterro.

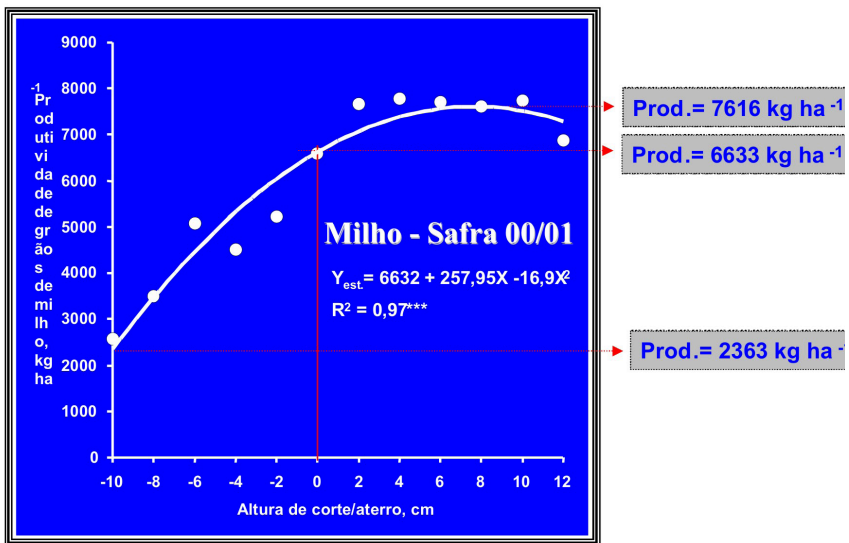


Fig. 10. Produtividade de grãos de milho (safra 2000/01), em função da altura de corte/aterro.

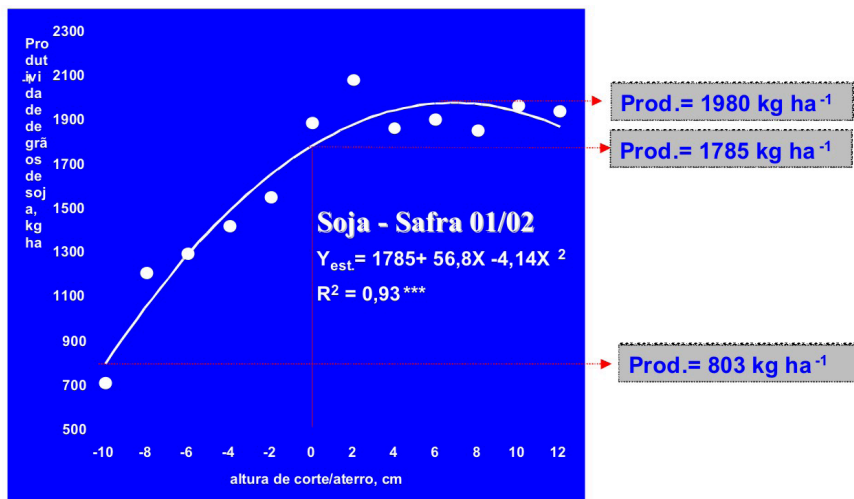


Fig. 11. Produtividade de grãos de soja (safra 2001/02) em função da altura de corte/aterro.

Observando os resultados da Tabela 6, constata-se, pela análise do total de grãos produzidos, considerando a repetibilidade do ciclo de rotação adotado, que a cada quatro anos seriam produzidos, em média, 15,1 t ha⁻¹ de grãos em regiões com cortes superiores a 6 cm, 19,8 t ha⁻¹ de grãos em regiões com cortes inferiores a 6 cm, chegando a atingir 23,6 t ha⁻¹ de grãos em regiões de aterro. Em termos econômicos, a perda estimada, na região de maior corte, seria de R\$ 1.868,64 ha⁻¹ e de R\$ 3.456,53 ha⁻¹, comparativamente à região de menor corte e região de aterro, respectivamente.

Dentre as alterações ocorridas no solo, em função da sistematização, destacam-se as de ordem física, química e biológica. Em termos físicos, observa-se menor infiltração de água, decorrente do aumento relativo da microporosidade em relação à macroporosidade nas áreas com cortes excessivos. Os teores de matéria orgânica também são reduzidos, o que influencia diretamente a atividade da micro e mesofauna do solo, principalmente pela baixa disponibilidade de oxigênio necessário à respiração das raízes e organismos do solo.

Dario (2001), objetivando verificar as transformações ocorridas em uma área de várzea sistematizada, identificou reduções nos teores de matéria orgânica e fósforo e aumento na concentração de alumínio, com conseqüente redução da produtividade do arroz. Aspectos como estes deverão ser observados com mais atenção, quando forem cultivadas espécies de sequeiro, como milho e soja, em seqüência ao arroz irrigado.

A variabilidade espacial dos atributos de fertilidade do solo, próxima à superfície, decorrente da sistematização, sugere, segundo Miller (1990), citado por Parfitt et al. (1999), um manejo de sítios específicos da adubação, visando contemplar a menor fertilidade nas regiões que sofreram os maiores cortes, tornando mais efetivos os benefícios inerentes à sistematização.

Tabela 6. Produtividade de grãos de arroz, soja e milho, cultivados em sistema de rotação, em função da altura de corte e aterro na área de implantação do ensaio.

Safrá agrícola	Cultura	¹ Preço (R\$/Sc)	² Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)		
			Região de Corte		Região de aterro
			-10 < corte < -6	-6 < corte < 0	0 < Aterro < 10
1999/2000	Arroz	20,15	5384	6139	6739
2000/2001	Milho	10,87	3464	5656	7359
2001/2002	Soja	28,30	1060	1565	1931
2002/2003	Arroz	37,91	5211	6436	7569
Prod. de grão no ciclo de rotação (kg ha ⁻¹)			15119	19796	23598
Receita Bruta no ciclo de rotação (R\$ ha ⁻¹)			7.248,26	9.116,64	10.704,79

¹ Preço médio praticado nos períodos de maio a outubro do ano de colheita e corrigidos pelo valor do Dólar em 31/08/2004 ($\$ = 2,933$ R\$).

² Valores estimados com base nos modelos ajustados para explicar a variação na produtividade em função das alturas de corte e aterro no terreno.

Conclusões

Nas condições em que o trabalho foi conduzido, é possível concluir que:

a) não foram evidenciadas diferenças de produtividade de grãos, independentemente da cultura e das combinações de fontes de P testadas, em função de doses de P_2O_5 ;

- b) as produtividades de arroz e milho nas safras 1999/00 e 2000/01, respectivamente, não foram influenciadas pelas diferentes combinações estabelecidas entre as duas fontes de P avaliadas, ou pelo uso isolado destas fontes;
- c) não houve efeito significativo de doses e combinações de fontes de P, aplicadas a duas safras anteriores, sobre a produtividade da soja, cultivada em plantio direto;
- d) no 4^o e último cultivo, o uso combinado de fosfato natural reativo e fosfato solúvel influenciou positivamente a produtividade de grãos de arroz, com tendência de aumento de produtividade com o incremento da participação do fosfato natural reativo na combinação;
- e) a estratégia de adubação preconizada (uso de fosfato natural reativo em rotação de culturas), favoreceu a rentabilidade do arroz irrigado no ciclo de rotação;
- f) alturas de cortes na superfície do solo, superiores a 6,0 cm, contribuíram para reduzir a produtividade de grãos das culturas, notadamente do milho e da soja, com reflexo negativo na receita bruta do sistema.

Considerações Finais

O presente trabalho evidenciou a possibilidade do uso de fosfato natural, como fonte supridora de P para o arroz irrigado, o milho e a soja, cultivados em solo de várzea, no sistema PD, em rotação de culturas. A adubação fosfatada como componente da produtividade pode ter sua viabilidade técnica e econômica ressaltada pelo uso combinado de fosfato natural reativo com fosfato solúvel ou uso isolado de fosfato natural reativo, principalmente em solos com teores de P superiores a 10 mg dm⁻³. Convém salientar que os resultados observados no ensaio servem de subsídio à tomada de decisão do produtor, que ao utilizar aspectos relacionados aos teores de P no solo, associados ao sistema produtivo de rotação, poderá optar pelo uso de fosfato natural reativo, conseguindo, assim, produtividades de arroz superiores aos valores atualmente observados.

Os resultados apresentados e discutidos no presente trabalho deixam clara a viabilidade técnica e econômica da estratégia de manejo e

adubação preconizada na hipótese do trabalho. Ademais, demonstram também que em ensaios de adubação é importante considerar, com mais detalhe, a variabilidade espacial natural do solo e àquelas decorrentes de práticas de manejo que visem viabilizar a implantação das culturas.

Os questionamentos gerados pelo presente trabalho demonstram a necessidade da condução de outros experimentos com a estrutura semelhante à desenvolvida neste estudo, porém em área não sistematizada e com baixo teor de fósforo. Na Embrapa Clima Temperado já vêm sendo conduzidos experimentos de calibração de fósforo para o arroz irrigado, tendo como fonte fosfato natural reativo. Também vêm sendo conduzidos experimentos envolvendo calcário e fosfatos naturais para as culturas da soja e do milho, nos sistemas convencional e direto, em área de várzea não sistematizada. Desta forma, pretende-se compreender melhor a resposta da cultura do arroz irrigado, isolada ou em rotação com espécies de sequeiro, aos fosfatos naturais reativos, em solos de várzea.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fertilizantes **Ouro Verde** a parceria estabelecida com a Embrapa Clima Temperado para a realização deste trabalho.

Referências Bibliográficas

BACHA, R.E.; OLIVEIRA, M.A.; SCHERER, C.H.; WOLKSWEISS, S.J. Eficiência de fosfatos naturais em arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ, 7., 1977, Porto Alegre. **Anais**. Pelotas: UEPAE-Pelotas; Porto Alegre: Irga, 1977. p. 1-5.

BOHNEM, H. Acidez do solo: origem e correção. In: KAMINSKI, J. (Coord.). **Uso de corretivos de acidez do solo no plantio direto**. Pelotas: RBCS - Núcleo Regional Sul, 2000. p. 9-38. (SBCS-Núcleo Regional Sul. Boletim Técnico, 4).

DARIO, G.J.A. Sistematização de áreas para o cultivo do arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado e suas conseqüências. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: Irga, 2001. p. 161.

GOMES, A. da S.; SCIVITTARO, W.B.; FERREIRA, L.H.G.; BENDER, R.R. Uso de fosfato natural em arroz irrigado cultivado no sistema convencional, em uma mesma área, durante três safras sucessivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25; 2005, Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: Orium, 2005. p. 471 - 473.

GOMES, A. da S.; SCIVITTARO, W.B.; FERREIRA, L.H.G.; BENDER, R.R.; SANTOS, M.Q. dos. **Eficiência da substituição parcial de fosfato solúvel por fosfato natural reativo na cultura do arroz irrigado no sistema convencional**. In: FERTIBIO, 2004, Lages: SBSC, 2004. 1 CD-ROM.

GOMES, A. da S.; PORTO, M.P.; PARFITT, J.M.B.; SILVA, C.A.S. da; SOUSA, R.O. de; PAULETTO, E.A. **Rotação de culturas em áreas de várzea e plantio direto**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002. 70 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 89).

GOMES, A. da S.; FERREIRA, L.H.G. Substituição parcial de fonte solúvel de fósforo por fosfato natural reativo, na cultura do arroz irrigado no sistema de rotação de culturas, em solo de várzea. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: Irga, 2001. p. 308-310.

GOMES, A. da S.; VERNETTI Jr., F. de J.; FERREIRA, L.H.G.; GONÇALVES, G.K.; GOMES, D.N. Efeitos de fontes e doses de fosfatos naturais sobre a produtividade da ervilhaca e do milho em um solo de várzea sob plantio direto. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 45; REUNIÃO TÉCNICA DO SORGO, 28., 2000, Pelotas. **Anais**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. p. 471-479.

HOROWITZ, N. **Eficiência de dois fosfatos naturais afetados pelo tamanho de partícula**. 1998. 68 f. Tese (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

- LIMA, J. R. **Estudos bibliográficos feito durante o estágio: sistematização.** Pelotas: Embrapa Clima temperado, 1999. 34 p. Relatório de conclusão de curso em Engenharia Agrícola.
- LOPES, MS.; BACHA, R.E.; CABRAL, J.T. Efeito da substituição gradativa de fosfato solúvel por fosfato natural sobre o rendimento de grãos de arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ, 12., 1983, Porto Alegre. **Anais.** Porto Alegre: Irga, 1983. p.133-135.
- MACHADO, M.O. Adubação e calagem, para a cultura do arroz irrigado, no Rio Grande do Sul. Pelotas: EMBRAPA-CPATB, 1993 63 p. (EMBRAPA-CPATB. Boletim de Pesquisa, 2).
- MALAVOLTA, E. **ABC da adubação.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1989. 292 p.
- MURDOCH, J.; BERNARDES, D.; PAVAGEAU, M.; CALDEIRA, F.M. Experimentos de adubação de arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 224, p. 7-13, 1965.
- NAHAS, E.; CENTURION, J.F.; ASSIS, L.C. Microorganismos solubilizadores de fosfato e produtores de fosfatases de vários solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p. 43-48, 1994.
- NOVAIS, R.F.; BAHIA FILHO, A.F.C; RIBEIRO, A.C; VASCONCELOS, C.A. Solubilização de fosfatos incubados com amostras de Latossolos submetidas a diferentes números de revolvimento. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas. v. 9, p. 23-26. 1985.
- NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais.** Viçosa: UFV, 1999. 399 p.
- PARFITT, J.M.B.; SILVA, C.A.S. da; PETRINI, J.A. Sistematização de solos de várzea. In: GOMES, a. da S.; PAULETTO, E.A., (Ed.). **Manejo de solo e da água em área de várzea.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 37-60.
- PARFITT, J.B.; SILVA, C.A.S. da. Adequação da área para a semeadura do sorgo e do milho irrigados por inundação. In: PARFITT, J.M.B. (Coord.). **Produção de milho e sorgo em várzea.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. p. 73-76. (Embrapa Clima Temperado. Documento, 74).

PATELLA, J.F. Efeito residual do fósforo em solos de arroz irrigado. **Agrisul**, Pelotas, p. 31-35, Jun., 1964.

PATELLA, J.F. Arroz; adubação fosfatada em solos alagados. **Agrisul**, Pelotas, p. 14-15, Set., 1965.

PERUZZO, G.; WIETHÖLTER, S. **Fosfatos naturais reativos**: resultados obtidos no sul do Brasil. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 28p. (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa, 4).

PINTO, L.F.S.; PAULETTO, E.A.; GOMES, A. da S.; SOUSA, R.O. de. Caracterização de solos de várzea. In: GOMES, A. da S.; PAULETTO, E.A. (Ed.). **Manejo do solo e da água em áreas de várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 1999. p.11-36.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343 p.

RUEDELL, J. **Plantio direto na região de Cruz Alta**. Cruz Alta: FUNDACEP/BASF FUNDACEP FECOTRIGO, 1995. 134 p.

SÁ, J.C. de M. Manejo da fertilidade do solo no sistema de plantio direto. In: Embrapa -CNPT. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 37-60.

SCHERER, C.H.; BACHA, R.E. Eficiência de fosfatos naturais na cultura do arroz irrigado. In: REUNIÃO GERAL DA CULTURA DO ARROZ, 2., 1972, Cachoeirinha. **Anais**. Porto Alegre Irga; Pelotas: IPEAS, 1972. p. 71-72.

SCHERER, C.H.; BACHA, R.E.; OLIVEIRA, M.A. Eficiência dos fosfatos

em arroz irrigado, em solo Vacacaí. In: REUNIÃO GERAL DA CULTURA DO ARROZ, 4., 1974, Pelotas. **Anais**. Porto Alegre: Irga; Pelotas: IPEAS, 1974. p. 84-86.

SCHERER, C.H; BACHA, R.E; GOMES H.A. Calibração para arroz irrigado em diferentes grupos de solos. In: REUNIÃO GERAL DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 4., 1974, Pelotas. **Anais**. Porto Alegre: Irga, Pelotas: IPEAS, 1974. p. 81-84.

SEGABINAZZI, T., MARCHEZAN, E., VILLA, S. C. C., MIGOTTO, M., AVILA, L. A de. Doses de P e K no arroz irrigado semeado no sistema de semeadura com sementes pré-germinadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24; 2001, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: Irga, 2001. p. 190-191.

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

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In. NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.V.H; SHAFER, C.E.G.R. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: SBCS, 2000. 352 p.



Clima Temperado

