UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

RESPOSTA DA SOJA A ADUBAÇÃO EM SOLO DE VÁRZEA E EFEITO RESIDUAL EM ARROZ IRRIGADO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Guilherme Tombesi Londero

Santa Maria, RS, Brasil

2012

RESPOSTA DA SOJA A ADUBAÇÃO EM SOLO DE VÁRZEA E EFEITO RESIDUAL EM ARROZ IRRIGADO

Guilherme Tombesi Londero

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM-RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

Orientador: Prof. Dr. Enio Marchesan

Santa Maria, RS, Brasil.

2012

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática
da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Londero, Guilherme Tombesi
Resposta da soja a adubação em solo de várzea e efeito residual em arroz irrigado / Guilherme Tombesi Londero.- 2012.
54 p.; 30cm

Orientador: Enio Marchesan
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2012

1. Glycine max (L) Merrill. 2. Oryza sativa (L.). 3. Potássio. 4. Fósforo. 5. Calcário. I. Marchesan , Enio II. Título.

© 2012
Todos os direitos autorais reservados a Guilherme Tombesi Londero. A reprodução de parte ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.
Email: gtlondero@yahoo.com.br

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Agronomia

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

RESPOSTA DA SOJA A ADUBAÇÃO EM SOLO DE VÁRZEA E EFEITO RESIDUAL EM ARROZ IRRIGADO

elaborado por
Guilherme Tombesi Londero

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:

_____
Enio Marchesan, Dr.
(Presidente/Orientador)

_____
Leandro Souza da Silva, Dr.
(UFSM - Co-orientador)

_____
José Alan de Almeida Acosta, Dr.
(Drakkar Solos)

Santa Maria, 23 de julho de 2012.

DEDICO

À minha esposa, Bibiana S. Moraes, pelo incondicional incentivo,
apoio, conforto, ajuda nos momentos mais difíceis passados
em cada etapa com muito amor.

AGRADECIMENTOS

Especialmente a Deus, por guiar meus caminhos em cada oportunidade e obstáculo em minha vida.

Aos meus familiares, que sempre demonstraram apoio e confiaram nesta minha caminhada acadêmica.

Aos meus pais, Milton Felin Londero e Sônia B. Tombesi Londero, pelas oportunidades oferecidas, pelo incentivo e dedicação na busca sempre dos estudos, mostrando a importância das experiências e dos conhecimentos adquiridos em cada etapa de minha vida, com muito carinho.

Aos meus irmãos e afilhados, pelos momentos de descontração e carinho.

Á minha esposa Bibiana, que é a grande responsável e incentivadora nesta etapa de minha vida, sendo fundamental em todo processo desde a inscrição para a seleção, no desenvolvimento do projeto durante os dois anos, como também na finalização. Não conseguiria conquistar este objetivo se não fosse por ela. Também a sua família por todos os momentos passados juntos.

Ao meu orientador, Professor Enio Marchesan, pela oportunidade única oferecida, pelas conversas e cobranças importantes ao processo, pelo exemplo profissional, orientação, sua paciência, ao qual agradeço muito.

Aos professores Leandro Souza da Silva e Alberto Cargnelutti Filho, co-orientadores deste trabalho, por todas as sugestões, correções, paciência e atenção dispensada durante o curso, em especial na etapa final.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós Graduação em Agronomia, pelos 7 anos de estudos gratuitos e de qualidade, pelas oportunidades e infraestrutura oferecidas durante estes anos.

Á Drakkar Solos, pela oportunidade, incentivo, compreensão para que pudesse buscar novos conhecimentos, novas experiências e assim repassar ao grupo. Fica meu agradecimento ao Alan Acosta e ao Claudio Lemainski.

Ao estagiário e amigo Angelo Bonotto, por toda dedicação, empenho e amizade prestados para o desenvolvimento das atividades, sem sua ajuda não seria possível.

A todos meus colegas de empresa Drakkar Solos, pelo apoio, por muitas vezes suprirem minha ausência e também por colaborarem direta ou indiretamente no levantamento, desenvolvimento e discussões dos resultados.

Aos meus grandes amigos André Bordim Cervi e Rejane Caino, que proporcionaram apoio, incentivo e que gentilmente disponibilizou recursos para a condução dos experimentos, além da amizade.

Aos meus colegas de pós-graduação Rafael Bruck Ferreira, Gerson Meneghetti Sarzi Sartori, Gustavo Mack Teló e Mara Grohs pelos anos de convivência, troca de experiência, ajuda e amizade.

Ao amigo e colega, Eduardo Lorensi por todos os momentos de conversa, apoio e ajuda.

Aos estagiários do Grupo de Pesquisa em Arroz Irrigado e Uso Alternativo de Várzeas, Cristian Azevedo, Maurício de Oliveira, Fabrício Bulcão, Rodrigo Roso, Lucas Lopes Coelho e Eduardo Figueira pela ajuda dedicada em momentos importantes. Também ao funcionário do Departamento de Fitotecnia Gilmar pela ajuda.

Agradecemos, à colaboração das Sementes Van Ass de Panambi/RS, que gentilmente disponibilizou as sementes de soja para condução dos experimentos.

A todos aqueles que não foram lembrados e mais que direta e indiretamente contribuíram para a realização do trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

Na confusão, busca-se a simplicidade.
Na discórdia, busca-se a harmonia.
Na dificuldade, está a oportunidade.

Albert Einstein

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

RESPOSTA DA SOJA A ADUBAÇÃO EM SOLO DE VÁRZEA E EFEITO RESIDUAL EM ARROZ IRRIGADO

AUTOR: GUILHERME TOMBESI LONDERO
ORIENTADOR: ENIO MARCHESAN
Santa Maria, RS, 23 de julho de 2012

Atualmente a cultura da soja vem sendo utilizada como uma possível alternativa de rotação com a cultura do arroz, substituindo o manejo de pousio no controle do arroz vermelho. Entretanto, visto as diferenças técnicas em termos de manejo da fertilidade entre as duas culturas, acredita-se as respostas a corretivos e fertilizantes sejam maiores na cultura da soja, mais exigente em termos de nutrientes, com possíveis efeitos residuais a cultura do arroz. Neste sentido, os objetivos deste trabalho foram avaliar a resposta a aplicação de doses crescentes de potássio (K), fósforo (P) e calcário na cultura da soja em um solo de várzea e avaliar também os efeitos residuais destas adubações sobre parâmetros fitotécnicos da cultura do arroz irrigado em rotação. Foram conduzidos dois experimentos em área de várzea sistematizada, sendo o primeiro experimento realizado em dois anos consecutivos com soja e o segundo experimento com o cultivo do arroz irrigado em rotação à soja. Os tratamentos para cada elemento foram: 0, 30, 60, 90 kg ha^{-1} de K_2O; 0, 30, 60, 90 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 0, 1000, 2000, 4000 kg ha^{-1} de calcário para cultura da soja e posterior implantação da cultura do arroz em rotação sobre cada tratamento apenas com adubação nitrogenada. Os resultados mostraram que a adubação e a correção do solo influenciaram positivamente a cultura da soja, porém não foi observado efeito residual significativo da adubação na cultura do arroz irrigado.

Palavras-chave: *Glycine max* (L) Merrill. *Oryza sativa* (L.). Potássio. Fósforo. Calcário.

ABSTRACT

Master Dissertation
Graduate Program in Agronomy
Universidade Federal de Santa Maria

SOYBEAN RESPONSE TO FERTILIZATION IN LOWLAND SOIL AND RESIDUAL EFFECT ON RICE CROP

AUTHOR: GUILHERME TOMBESI LONDERO
ADVISOR: ENIO MARCHESAN
Santa Maria, RS, July 23th, 2012

Currently, the soybean crop has been used as an alternative of rotation with rice, replacing fallow management in the control of red rice. Thus, the differences seen in terms of fertility between the two cultures, it is believed that the responses to fertilizers can advantage the performance of soybean that is most demanding in terms of nutrients, mainly potassium and phosphorous than rice crop, and then verify the possible residual effects on rice. The residual effect depends of soil type, of the quantity of nutrients applied and productivity of crop before cultivated. Therefore, the objectives of this study were to assess the application response to increasing doses of potassium (K), phosphorus (P) or limestone on soybean in a lowland soil from georeferenced points of precision agriculture and assess the residual effect of fertilizer potassium (K), phosphorus (P) or limestone in soybean phytotechnical on parameters of rice in succession. Two experiments were conducted in the lowland systematically, the first experiment carried out in two consecutive years with soybean and the second experiment with rice crop in rotation with soybean. The treatments for each element were 0, 30, 60, 90 kg of K_2O; 0, 30, 60, 90 of kg P_2O_5 and 0, 1000, 2000, 4000 kg of limestone to soybean and subsequent implantation of rice in succession on each treatment. The results showed that fertilization and liming influenced positively the soybean, but was not observed significant residual effect of fertilization on rice crop.

Keywords: *Glycine max* (L) Merrill. *Oryza sativa* (L.). Potassium. Phosphorus. Liming.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO **12**
CAPÍTULO 1 ..... **14**
RESPOSTA DA SOJA (GLYCINE MAX (L.) MERRILL) À ADUBAÇÃO POTÁSSICA, FOSFATADA E A CALAGEM EM SOLO DE VÁRZEA 15
Resumo 14
Abstract ..... **Erro! Indicador não definido.**
Introdução 15
Material e métodos 17
Resultados e discussão 19
Conclusões 23
Referências bibliográficas 23
CAPÍTULO 2 ..... **37**
EFEITO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO SOBRE O ARROZ IRRIGADO EM ROTAÇÃO COM A SOJA 37
Resumo 37
Abstract 38
Introdução 39
Material e métodos 40
Resultados e discussão 41
Conclusão 44
Referências bibliográficas 45
CONSIDERAÇÕES FINAIS **55**

INTRODUÇÃO

Em áreas de várzea, devido ao cultivo intensivo com a cultura do arroz irrigado, existe uma grande dificuldade em relação ao controle de plantas daninhas, principalmente o arroz vermelho, por pertencer ao mesmo gênero e espécie do arroz cultivado É uma espécie de difícil controle e por isso tem-se buscado alternativas economicamente viáveis e sustentáveis para minimizar o problema na lavoura orizícola, sendo a rotação de culturas uma das alternativas.

A rotação de culturas é uma prática cultural que proporciona benefícios ao solo, principalmente por melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo. Além disso, auxiliam no controle de plantas daninhas, doenças e pragas. A grande dificuldade de adotar o cultivo com outra cultura produtora de grãos em solos hidromórficos se justifica pela pouca adaptabilidade das espécies a esse tipo de condição. Uma dessas alternativas é a rotação com a cultura da soja. A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) pode ser considerada uma alternativa viável nesse sistema, uma vez que possui mecanismos de adaptação a condição de solos alagados.

O benefício gerado pelas leguminosas a outras culturas que as sucedem tem sido relatado na literatura. Dentre os benefícios proporcionados pela rotação de culturas, destaca-se o efeito residual de adubação. O efeito residual depende do tipo do solo, da quantidade de nutrientes aplicados, da dinâmica de cada elemento e da produtividade da cultura anterior. Em solos de várzea, os efeitos são variados além de existir uma grande carência na literatura sobre o efeito residual para culturas em sucessão.

A prática de adubação de solos é considerada uma das principais etapas no processo de produção agrícola. Por muitos anos a cultura do arroz foi vista como uma cultura de baixo investimento em termos de fertilidade por ser cultivada em áreas arrendadas, pouco potencial produtivo dos genótipos até então existentes e também em função dos processos químicos que ocorrem no solo após a entrada da água, elevando o pH e aumentando a disponibilidade de nutrientes, principalmente de fósforo. Devido à soja ser uma cultura muito responsiva a adubação, demanda melhores condições de fertilidade do solo quando comparada com a cultura do arroz. Além disso, a soja não terá os benefícios do alagamento por ser cultivada em condições de solo não saturado. Entretanto, a adubação empregada na soja poderá se refletir na disponibilidade de nutrientes para o arroz irrigado em sucessão.

Dado o exposto, os objetivos deste trabalho foram avaliar a resposta da soja a adubação em condições de várzea com aplicações crescentes de doses de potássio, fósforo e calcário e avaliar o possível efeito residual da adubação na cultura do arroz em rotação.

CAPÍTULO 1

RESPOSTA DA SOJA (*GLYCINE MAX* (L.) MERRILL) À ADUBAÇÃO POTÁSSICA, FOSFATADA E A CALAGEM EM SOLO DE VÁRZEA

Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) response to potassium, phosphate fertilization, and liming in lowland soil

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta da soja cultivada em solo de várzea à aplicação de doses crescentes de potássio (K), fósforo (P) e calcário sobre a produtividade e os componentes de rendimento da cultura. Os experimentos foram conduzidos em área de várzea sistematizada da UFSM, Santa Maria, RS, em um Planossolo Háplico eutrófico arênico, nos anos agrícolas 2009/10 e 2010/11. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de doses crescentes de potássio (0, 30, 60 e 90 kg ha^{-1} de K_2O), fósforo (0, 30, 60 e 90 kg ha^{-1} de P_2O_5) e calcário (0, 1000, 2000 e 4000 kg ha^{-1}). A adubação crescente de potássio e de calcário influenciou positivamente a produtividade e os componentes de rendimento. A resposta do fósforo foi pouco acentuada a partir da primeira dose (30 kg ha^{-1} de P_2O_5), provavelmente devido ao teores mais elevados deste elemento no solo. As adubações alteraram apenas os níveis de fertilidade da camada de 0 a 2,5 cm de solo, exceto a adubação potássica que apresentou alterações até a camada de 10 a 20 cm.

Palavras-chave: potássio, fósforo, calcário, adubação.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the response of soybean cultivated in lowland to application of crescent doses of potassium (K), phosphorus (P) or limestone on the crop yield. The experiments were conducted in a lowland area of systematic UFSM, Santa Maria, with soil classified as Haplic Eutrophic Planossolo Hapludalf during the years 2009/10 and 2010/11. The experimental design was randomized in blocks with four replications. The treatments consisted of crescent doses of potassium (0, 30, 60 and 90 kg ha^{-1}), phosphorus (0, 30, 60 and 90 kg ha^{-1}) or limestone (0, 1000, 2000 and 4000 kg ha^{-1}). The results showed that the crescent potassium fertilization affected positively the yield. The response of phosphorus was little pronounced after the first dose (30 kg P_2O_5 ha^{-1}), probably due to better availability before in the soil. Liming had a positive effect on soybean yield and its components. Fertilization altered the fertility of 2.5 cm layer of soil, except the potassium fertilization that showed differences until the layer 10-20 cm.

Key words: potassium, phosphorus, limestone.

Introdução

No Rio Grande do Sul, os solos de várzea ocupam uma área de 5,4 milhões de hectares, porém a área ocupada anualmente com a cultura do arroz irrigado atinge apenas 1,2 milhão de hectares (MARCHEZAN et al., 2002; IRGA, 2010). Devido à alta incidência de plantas daninhas, o restante da área permanece em pousio ou é utilizado para o cultivo de pastagens. Tem-se buscado alternativas de manejo dos solos cultivados com o arroz irrigado que sejam, ao mesmo tempo, mais eficientes no controle do arroz vermelho, economicamente viáveis e capazes de propiciarem o uso mais intensivo do solo (GOMES et al., 1992), sendo a rotação de culturas um método eficiente no controle do arroz vermelho (MARCHEZAN et al., 1995; AVILA, 1999). A rotação e/ou sucessão de culturas em solos de várzea cultivados com arroz irrigado visa a diminuir os níveis de infestação de plantas daninhas nas lavouras de arroz, principalmente do arroz-vermelho, melhorar o uso do solo e sua qualidade, otimizar o uso das máquinas e da mão-de-obra, diversificar a renda, romper ciclos de doenças e pragas e aumentar a rentabilidade da área (VERNETTI JÚNIOR et al., 2003).

Os solos de várzea são na sua grande maioria ácidos, com problemas de toxidez de Al (FAGERIA et al., 1996). Por isso, além da adubação mineral, a correção da acidez de solos ácidos também tem grande importância para o bom desenvolvimento das culturas, uma vez que estes podem causar toxicidade e/ou diminuir a disponibilidade de alguns nutrientes às plantas. Entretanto, a cultura do arroz apresenta pouca resposta à correção do solo, pois a entrada da água promove o fenômeno conhecido como autocalagem. Nessa situação, ocorrem modificações químicas como o aumento do pH que promove redução da presença do alumínio e aumenta a disponibilidade de fósforo. Porém, essa condição de solo não permanece em condições de solo seco podendo interferir na produtividade da cultura em rotação.

A grande dificuldade de adotar o cultivo com outra cultura produtora de grãos em solos hidromórficos se justifica pela pouca adaptabilidade das espécies a esse tipo de condição. Nesse sentido, a soja pode ser considerada uma alternativa viável nesse sistema, uma vez que possui mecanismos de adaptação a condição de solos hidromórficos (PIRES et al., 2002). Por outro lado, devido à soja ser uma cultura muito responsiva a adubação, demanda melhores condições de fertilidade do solo quando comparada com a cultura do arroz. Além disso, os efeitos benéficos do alagamento se extinguem após a secagem do solo, o que pode implicar em investimentos com aplicação de corretivos da acidez e maiores quantidades de nutrientes com a adubação da cultura de sequeiro em rotação com o arroz irrigado.

Dentre os principais macronutrientes, o potássio (K) é um elemento indispensável para o vegetal, mesmo não fazendo parte da sua estrutura química, tem função reguladora muito importante (MARSCHNER, 1995). A soja extrai teores elevados de potássio dos solos e do total absorvido pela planta, 52% é acumulado nos grãos, sendo este nutriente responsável pelo transporte dos carboidratos, pelo enchimento e tamanho final dos grãos, além de permitir o aumento no teor de óleo (OLIVEIRA et al., 2008). Plantas deficientes em K, além de possuírem qualidade inferior, não conseguem utilizar eficientemente a água e nutrientes oriundos do solo e dos fertilizantes. Concomitante a isso, as mesmas se tornam menos tolerantes a estresses ambientais, tais como secas, excesso de água, vento, oscilações drásticas na temperatura, bem como tem sua resistência reduzida ao ataque de pragas e doenças (POTAFOS, 1990). Embora o K seja, de maneira geral, o segundo nutriente mais exigido pelas culturas, o mesmo não se encontra nos solos em teores tão limitantes quanto o fósforo (FAQUIN, 2005), mas normalmente apresenta-se insuficiente para suprir as quantidades extraídas pelas mesmas.

A aplicação de fósforo (P) via solo proporciona respostas positivas na cultura da soja, sendo de grande importância para o desenvolvimento da cultura e responsável pelo incremento em produtividade (ROSOLÉM & MARCELLO, 1998). Sem o fósforo, a produtividade da soja é baixa, pois há redução no porte da planta e na altura de inserção da primeira vagem (TANAKA & MASCARENHAS, 1992). Estudos demonstram efeitos residuais positivos da adubação fosfatada e da calagem para diversas culturas sucessoras (MASTHAN et al., 1998; MARIANO et al., 2002).

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta da soja a adubação em condições de várzea com aplicações crescentes de doses de potássio, fósforo e calcário.

Material e métodos

O experimento foi conduzido nos anos agrícolas 2009/10 e 2010/11, em área de várzea sistematizada do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Depressão Central do Rio Grande do Sul. O solo é classificado como Planossolo Háplico eutrófico arênico. Inicialmente uma área próxima de 0,7 hectares foi vetorizada com GPS de navegação, estabelecendo-se uma malha amostral com grid (frequência amostral) de 0,05 ha. A cada 0,05 hectares uma amostra de solo foi coletada, a partir de um ponto georeferenciado (técnica de Agricultura de Precisão). A amostragem de solo foi composta de cinco subamostras com volume de 2 a 3 kg, sendo coletadas em diferentes camadas: 0 a 10 cm e 10 a 20 cm de profundidade. A amostragem foi realizada manualmente com pá de corte com lâmina de 10 cm de largura e fatia de 2 cm de espessura. Cada subamostra foi homogeneizada e uma alíquota de 0,4 kg de solo foi enviada para análise dos atributos químicos do solo em Laboratório na UFSM. A partir dos resultados foram instaladas parcelas experimentais para avaliação dos tratamentos na forma de seis experimentos (3 em cada ano) no delineamento experimental de blocos ao acaso, com 4 repetições. O bloco foi constituído de quatro tratamentos, sendo que cada unidade experimental foi de 5 x 5 m (25 m^2).

No 1º ano (safra 2009/10) foram conduzidos três experimentos, sendo cada experimento independente: 1) Experimento com potássio: aplicaram-se tratamentos com doses crescentes de K_2O: T1 = 0, T2 = 30, T3 = 60, T4 = 90 kg ha^{-1} mantendo um valor fixo para os demais elementos (calcário – 2000 kg/ha e fósforo – 56 kg/ha P_2O_5); 2) Experimento com fósforo: aplicaram-se tratamentos com doses crescentes de P_2O_5: T1 = 0, T2 = 30, T3 = 60, T4 = 90 kg ha^{-1} mantendo um valor fixo para os demais elementos (calcário – 2000 kg/ha

e potássio – 72 kg/ha de K_2O) e 3) Experimento com calcário: aplicaram-se tratamentos com doses crescentes de calcário: T1 = 0, T2 = 1000, T3 = 2000, T4 = 4000 kg ha^{-1} mantendo um valor fixo para os demais elementos (fósforo - 56 kg/ha P_2O_5 e potássio - 72 kg/ha de K_2O).

Antes da instalação do 2º ano de experimento (safra 2010/11) com o cultivo de soja, foram realizadas análises dos atributos químicos do solo em Laboratório na UFSM, sendo a coleta realizada da mesma forma do 1º ano. Os experimentos foram realizados exatamente nos mesmos locais do 1º ano, com as mesmas doses de cada tratamento aplicadas. Para os tratamentos referentes ao potássio foi utilizada como fonte de K_2O a matéria prima cloreto de potássio (KCl). Para o fósforo, foi utilizada como fonte de P_2O_5 a matéria prima superfosfato triplo (SFT). Para os tratamentos referentes às doses de calcário, foi utilizado calcário dolomítico com PRNT 60%. Previamente a implantação da cultura (2009/10) foram aplicados 3 t ha^{-1} de calcário para corrigir a acidez do solo nos experimentos potássio e fósforo.

A implantação da cultura na safra 2009/10 foi realizada em 22/01/2010 e na safra 2010/11 foi realizada em 11/11/2010, em sistema com semeadura direta. A cultivar utilizada foi a BRS Taura para ambas as safras. As demais práticas de manejo foram realizadas conforme recomendações técnicas da pesquisa para o cultivo da soja.

Os parâmetros avaliados para ambos experimentos (safra 2009/10 e 2010/11) foram, produtividade de grãos, peso de mil grãos, número de vagens por planta, número de grãos por vagens e biomassa seca da parte aérea. A produtividade foi avaliada através das plantas da área útil (quatro linhas centrais por um metro de comprimento de cada parcela), foram retiradas as vagens debulhadas e a massa de grãos foi determinada com balança analítica. Posteriormente foi determinada a umidade de uma amostra dos grãos, sendo o peso de cada parcela corrigido para 12% de umidade e convertido em kg ha^{-1}.

Foram realizadas mensurações em 10 plantas de cada unidade experimental para avaliar o número de vagens por planta, número de grãos por vagens e massa seca da parte aérea. O parâmetro de peso de mil grãos foi determinado pela pesagem de quatro amostras de 100 grãos por parcela, obtendo-se a média dos valores e transformando-os em peso de mil grãos.

As coletas de solo foram realizadas 30 dias antes da semeadura nos três experimentos em cada tratamento para ambos os anos, para avaliar a dinâmica dos nutrientes sob diferentes doses de potássio, de fósforo e de calcário. As camadas foram de 0 a 10 e 10 a 20 cm de profundidade. Após o segundo ano de cultivo o solo foi estratificado em camadas para avaliar a dinâmica dos nutrientes ao longo do perfil. As camadas foram de 0 a 2,5; 2,5 a 5,0; 5,0 a

10,0 e 10 a 20 cm de profundidade. As amostras foram enviadas para análise ao Laboratório de rotina da UFSM.

No estádio R2, ou seja, quando 50% das plantas de cada parcela estavam no estádio de florescimento pleno do desenvolvimento da soja (escala de FEHR & CAVINESS, 1977), foram coletadas três amostras foliares, sendo retirado o terceiro trifólio de cima para baixo do ápice da planta para análise conforme metodologia proposta por TEDESCO (1995). Foi utilizado o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), desenvolvido por Beaufils em 1973, na África do Sul, com base nos estudos inicialmente chamados "Diagnose Fisiológica", realizados desde a década de 50. O objetivo dos índices Dris é informar a ordem de limitação dos nutrientes, não só por falta (índices negativos), mas também por excesso (índices positivos). Por outro lado, quanto mais próximo de zero for o índice, maior será o equilíbrio nutricional das plantas em análise, ou seja, mais próximo estará da base de dados estabelecida como padrão. Desse modo, através dos índices DRIS, é possível observar que, quanto mais distante do zero for o valor, maior será o grau de desequilíbrio do nutriente. Conseqüentemente, esse nutriente será aquele com maior interferência sobre a produtividade da lavoura (Embrapa Soja, 2003).

Todos os resultados foram submetidos à análise de variância através do teste F. As médias foram submetidas à análise de regressão polinomial.

Resultados e discussão

Resposta a adubação potássica

O parâmetro produtividade de grãos de soja apresentou diferença significativa entre as doses crescentes de potássio no ano de 2009/10 (Figura 1 C). Houve resposta em produtividade de grãos até 60 kg ha^{-1} de K_2O. O teor médio de K no solo para o ano agricola 2009/10 foi de 54 mg dm^{-3} e no ano agricola 2010/11 foi de 32 mg dm^{-3}, sendo teores de K considerados abaixo do teor crítico (inferior 60 mg dm^{-3} = teror crítico), o que confere condições para responder a adubação (ROLAS, 2004).. Scherer (1998) também observou resposta positiva em produtividade de grãos de soja somente quando os teores de K no solo atigiram níveis de 57 mg dm^{-3}. No trabalho de Scherer (1998), fica constatado que teores acima desse valor não promovem diferenças significativas em produtividade de grãos de soja.

Além disso, o resultado do presente trabalho pode estar associado às elevadas precipitações ocorridas durante a safra 2009/10, que retardou a data de semeadura e pode ter contribuído para a menor produtividade de grãos observada nesta safra quando comparado com os valores encontrados na safra 2010/11. Resultados semelhantes foram observados por Borkert et al. (1993) que relatou alta correlação na produção de grãos de soja, em função de doses crescentes de K_2O aplicados a lanço e/ou no sulco de semeadura. Segundo Borkert (1994), além da redução de produtividade de grãos, os grãos se tornam pequenos, enrrugados e deformados quando a cultura sofre deficiência deste elemento. No presente trabalho não foram observadas diferenças significativas para o parâmetro peso de mil grãos, mas foi possível observar uma tendência de aumento neste parâmetro nas diferentes doses crescentes de potássio (Figura 1A). No ano agrícola 2009/10 a maior média foi de 156 g na dose de 90 kg ha^{-1}. Embora não ter sido observado uma diferença significativa para os parâmetros número de vagens por planta e número de grãos por vagem, estes parâmetros mostraram uma tendência positiva à resposta (Figura 2C e G). No ano agrícola 2009/10, não houve diferença significativa para biomassa seca da parte aérea em resposta as doses crescentes de K_2O (Figura 3A).

No ano 2010/11 não houve diferença significativa entre as doses crescentes de potássio, porém foi possível observar uma tendência acentuada no aumento da produtividade de grãos em resposta as doses crescentes de potássio (Figura 1D). Na dose de 60 kg $ha^{-1,}$ a produtividade de grãos foi 4.253 kg ha^{-1} e na dose de 90 kg ha^{-1} a produtividade foi de 4.819 kg ha^{-1}. Da mesma forma que no ano agricola 2009/10, não foram observadas diferenças significativas para o parâmetro peso de mil grãos, mas foi possível observar uma tendência de aumento neste parâmetro nas diferentes doses crescentes de potássio, sendo a maior média de 151 g também na maior dose de K (90 kg ha^{-1}) (Figura 1B). Os parâmetros número de vagens por planta e número de grãos por vagem, não mostraram diferenças significativas em resposta as doses crescentes de K, porém também mostraram uma tendência positiva à resposta (Figura 2B e D). A Figura 3B demonstra através da curva de regressão quadrática que houve resposta do parâmetro biomassa seca da parte aérea em função do aumento das doses de K_2O.

Segundo Nelson (1980), a deficiência de potássio afeta severamente diversos processos fisiológicos na planta. A deficiência do potássio não resulta no aparecimento imediato dos sintomas. Na fase inicial, verifica-se somente uma redução no crescimento, para posteriormente haver a ocorrência de clorose e necrose. No cultivo agrícola 2010/11 foram observados alguns sintomas de deficiência de K, através do aparecimento de manchas

amareladas e irregulares nos bordos das folhas, particularmente nas folhas inferiores no tratamento que não recebeu doses de potássio (Figura 4). Estes resultados estão de acordo com análise foliar segundo Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) para a soja (Figura 5).

Os resultados observados no presente trabalho sugerem que a adubação cumulativa de potássio em soja cultivada em solos de várzea podem proporcionar aumento do peso de mil grãos e número de grãos por vagens, sendo os componentes que mais contribuiram para o incremento da produtividade.

Resposta adubação fosfatada

Diferentemente da resposta à adubação potássica, a adubação com fósforo não apresentou efeitos sobre a produtividade em ambos os anos agrícolas (Figura 1C e D). Conforme a Tabela 1 é possível visualizar que o solo no qual foi desenvolvido o experimento, apresentava teores de P considerados adequados (superiores 9 mg dm^{-3} = teror crítico), o que confere condições para não responder a adubação (ROLAS, 2004).

A Figura 1C demonstra através da curva de regressão cúbica a produtividade de grãos em resposta as doses crescentes de P_2O_5 ha^{-1} no ano de 2009/10. A maior produtividade foi observada na dose de 30 kg ha^{-1} de P_2O_5 que foi de 2.323 kg ha^{-1}. Este aumento foi menos acentuado já a partir da primeira dose de 30 kg de P_2O_5 ha^{-1}, provavelmente devido às melhores condições de disponibilidade deste elemento no solo. Os parâmetros de peso de mil grãos, número de vagens por planta e número de grãos por vagem também não foram influenciados pelos tratamentos com doses crescentes de fósforo (Figuras 1A, 2A e 2C). O presente estudo demonstra que a biomassa seca da parte aérea diminuiu conforme aumentou as doses de P (Figura 3A).

No ano agrícola 2010/11, não houve diferença significativa para produtividade de grãos, porém foi possível observar um comportamento semelhante ao potássio (Figura 1D). A falta de significância foi devida ao alto CV. Em solos de cerrado, Neto et al. (2010), observaram que o rendimento estimado de grãos de soja (kg ha^{-1}) apresentou uma resposta quadrática às doses de fósforo, sendo que o rendimento de máxima eficiência agronômica foi de 2.614 kg ha^{-1}, obtido com a dose de 94,8 kg ha^{-1} de P_2O_5. Nesta mesma condição de solo, Schlindwein e Giannello (2005) também encontraram resposta quadrática quanto ao rendimento de grãos de soja à aplicação de doses de fósforo. Valadão Junior et al (2008), afirma que há respostas positivas em rendimento de grãos de soja devido ao aumento das

doses de fósforo em solos com deficiência deste nutriente. A resposta da cultura ao uso do fertilizante depende principalmente do estado de fertilidade na qual o solo se encontra. Diante disso, a elevada resposta à adubação fosfatada é comum em solos com baixos teores de fósforo disponível. Da mesma forma que o ano agrícola 2009/10, os parâmetros peso de mil grãos, número de vagens por planta e número de grãos por vagem também não foram influenciados pelos tratamentos com doses crescentes de fósforo (Figura 1B, 2B e D). O parâmetro biomassa seca da parte aérea mostrou uma tendência decrescente conforme aumentou as doses de P (Figura 3B).

Os resultados observados no presente trabalho sugerem que a falta de efeito sobre a maioria dos parâmetros fitotécnicos da cultura em resposta a adubação fosfatada pode ser devido às condições de disponibilidade de fósforo ser elevada antes e após a aplicação dos tratamentos.

Resposta a calagem

A produtividade de grãos de soja não mostrou diferença significativa para as doses crescentes de calcário no ano agrícola 2009/10 (Figura 1 G). Também não foram observadas diferenças significativas para o peso de mil grãos e o número de vagens por planta nas diferentes doses crescentes de calcário (Figura 1E e 2E). A resposta do parâmetro número de grãos por vagem as doses crescentes de calcário foi demonstrada através da curva de regressão quadrática (Figura 2G). A biomassa seca da parte aérea não foi alterada significativamente em resposta as doses crescentes de calcário (Figura 3C). As quantidades de calcário aplicadas não foram suficientes para eliminar completamente a acidez do solo (Tabelas 1 e 2), o que pode explicar em parte a ausência de efeitos significativos sobre os parâmetros de planta.

Já no ano agrícola 2010/11, a calagem teve efeito positivo sobre a produtividade de grãos, no entanto, o incremento máximo foi de apenas 16% com a dose máxima (4000 kg ha^{-1}) (Figura 1 H). O peso de mil grãos e o número de grãos por vagem não foram alterados em resposta as diferentes doses crescentes de calcário (Figura 1F e 2H). Foi possível observar através da curva de regressão linear um aumento do número de vagens por planta em resposta as doses crescentes de calcário (Figura 2F). O parâmetro biomassa seca da parte aérea não apresentou resposta significativa às doses crescentes de calcário (Figura 3D).

Efeitos das adubações nos teores do solo e na planta

As análises químicas do solo, com exceção do K, permitem avaliar as condições de fertilidade do solo nos dois anos de cultivo (Tabelas 1 e 2). As adubações influenciaram principalmente a fertilidade da camada de 2,5 cm do solo, exceto a adubação potássica que influenciou até a camada de 10 a 20 cm. Apesar da elevada adubação da dose mais elevada de calcário (acumulado de até 8 toneladas nos 2 anos do trabalho), não houve alteração significativa das condições de acidez a partir de 5 cm de profundidade.

Quanto à absorção de nutrientes pelas plantas, observou-se que a adubação com doses crescentes de potássio proporcionaram um incremento no conteúdo foliar, certamente influenciando na maior produtividade (Tabela 6). Já o fósforo não apresentou incremento, uma vez que as condições de solo iniciais apresentavam teores considerados médios a altos. Corrêa et al. (2004) observaram que o incremento das doses de fósforo no solo aumentou os teores desse nutriente na soja. Também se observou um aumento de Ca com as doses de calcário, mesmo observando-se aumento de produtividade.

Conclusões

1 - A melhor resposta da soja foi obtida com a adubação crescente de potássio que influenciou positivamente os componentes de rendimento e proporcionou incremento de até 33% na produtividade.

2 - As doses crescentes de fósforo não apresentaram efeitos sobre os parâmetros fitotécnicos da cultura, provavelmente devido as melhores condições de disponibilidade deste elemento no solo.

3 - A calagem teve efeito positivo, porém, o incremento máximo foi de apenas 16% com a dose máxima no segundo ano, talvez porque as condições de solo não foram alterada significativamente.

Referências bibliográficas

AVILA, L.A. de. **Evolução do banco de sementes e controle do arroz vermelho (*Oryza sativa* L.) em diferentes sistemas de manejo do solo de várzea.** Santa Maria: UFSM, 1999, 89 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, 1999.

BORKERT, C.M.; SILVA, D.N. da; SFREDO, G.J. Calibração de potássio nas folhas de soja em Latossolo Roxo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, n.2, p.227-230, 1993.

BORKERT, C.M. et al. Seja doutor da sua soja. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 66, 16 p., jun. 1994.

ROLAS. 2004. Recomendação de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS)**– Núcleo RegionalSul. Comissão de Química e fertilidade do Solo –RS/SC, Porto Alegre. 10ª Ed., 394p.

CORRÊA, J. C; MAUAD, M; ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasilera**, v. 39, n. 12, p. 1231-1237, 2004.

DRIS. Diagnóstico Nutricional para Soja. **Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação Nutricional para Soja.** EMBRAPA SOJA. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/dris/index.php>. Acesso em: 16 out. 2012.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. Response of lowland rice and common bean grown in rotation to soil fertility levels on a varzea soil. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v.45, p.13-20, 1996.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183p.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development. Ames: Iowa State University of Science and Technology** - Agriculture and Home Economics Experiment Station - Cooperative Extension Service, 1977. 11 p. (Special Report, 80).

GOMES, A. S. et al. Solos de várzea: uso e manejo. In.: MARCÂNTONIO, G. (Coord.). **Solos e irrigação**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS/FEDERACITE, p. 64-79, 1992.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ. **Dados de safra –Acompanhamento semanal da colheita.** Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/index.php?act i on=dados_safra>.
2010.

MARCHEZAN, E.; VIZZOTO, V.R.; ROCHA, M.G.; MOOJEN, E.L. & SILVA, J.H.S. Produção animal em várzea sistematizada cultivada com forrageiras de estação fria submetidas a diferentes níveis de adubação. **Ci. Rural**, 32:303-308, 2002.

MARCHEZAN, E. et al. Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas no controle de arroz vermelho em várzea. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21, Porto Alegre, RS. **Anais ...** Porto Alegre: IRGA, 1995. p.151-153, 1995.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Academic Press, San Diego, 1995.

MASTHAN, S. C.; MOHAMMAD, S.; REDDY, S. N. Influence of phosphorous application rates on nutrient uptake by crops and balance of soil phosphorous in rice-groundnut-green gram intensive cropping system. **Crop Research Hisar**, Rajendranagar, v. 16, n. 1, p. 10-16, July 1998.

MARIANO, I.O.S., FAQUIN, V., FERNANDES, L.A., Jr.OLIVEIRA, A.C., Efeito residual da adubação fosfatada e da calagem e níveis críticos de fósforo em plantas de arroz cultivadas em solos inundados. Lavras, v.26, n.4, p.731-740, jul./ago., 2002.

NELSON (1980); **O Potássio e a Planta.** In: YAMADA, T.; IGUE, K. MUZZILI, O. & USHERWOOD, Potássio na agricultura. Londrina: Fundação IAPAR, 1982. p.112.

NETO, F.A., GRAVINA, G.A., SOUZA, N.O.S., BEZERRA, A.A.C., Adubação fosfatada na cultura da soja na microrregião do Alto Médio Gurguéia. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza CE, v. 41, n. 2, p. 266-271, abr-jun, 2010.

OLIVEIRA, S., et al. Instabilidade de vertentes versus solos expansivos, Covão de Cima (Arruda dos Vinhos). Resumos do Congresso Geomorfologia 2008, **IV Congresso Nacional de Geomorfologia**. Tema H – Riscos naturais, processos erosivos e dinâmica de vertentes, p. 45, 2008.

PIRES, J. L., et al. Adaptações morfológicas da soja em solo inundado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 1, p. 41-50, jan. 2002.

POTAFOS. **Potássio:** necessidade e uso na agricultura moderna. Piracicaba: POTAFOS, 1990. 45 p.

ROSOLÉM, C. A.; MARCELLO, C. S. Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada. **Scientiae Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 448-455, 1998.

SCHERER, E.E. Resposta da soja a adubação potássica em Latossolo Húmico distrófico num período de doze anos. **R. Bras. Ci. Solo**, 22, p-49-55, 1998.

SCHLINDWEIN, J. A.; GIANELLO, C. Doses de Máxima Eficiência Econômica de fósforo e potássio para culturas cultivadas no sistema de Plantio Direto**. Revista Plantio Direto**, n. 85, p. 20-25, 2005.

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A. **Soja: nutrição, correção do solo e adubação.** Campinas: Fundação Cargill. 60p. (Boletim Técnico, 7), 1992.

TEDESCO, M.J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: Departamento de Solos Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

VALADÃO JÚNIOR, D. D. *et al*. Adubação fosfatada na cultura da soja em Rondônia. **Sc entia Agraria***,* v. 09, n. 03, p. 369-375, 2008.

VERNETTI JUNIOR, F. de J. et al. Arroz irrigado em sucessão a milho e soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3; REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú, SC. **Anais...**Itajaí: EPAGRI, p.246-247, 2003.

Tabela 1: Resultado da análise química do solo, na profundidade de 10 cm, antes da instalação do cultivo de soja no ano agrícola 2009/10.

	2009/10								
Experimentos	AR[2]	MOS	P	K	pH	Ca	Mg	V[2]	SA
	%		mg dm^{-3}			cmolc dm^{-3}		%	
Potássio	16[1]	2,0	16	54	5,1	1,8	0,6	26	26
Fósforo	19	2,0	21	98	5,0	2,6	0,8	34	23
Calcário	18	1,4	25	78	4,9	1,8	0,5	23	30

[1] Médias de 3 repetições.
[2] AR = Argila; V = Saturação de Bases.

Tabela 2: Resultados da análise química do solo, na profundidade de 10 cm, antes da instalação do cultivo de soja no ano agrícola 2010/11.

	2010/11						
Tratamentos	P	K	pH	Ca	Mg	V[2]	SA
	mg dm^{-3}			cmolc dm^{-3}		%	
			Potássio				
0	8,0[1]	23	5,2	2,0	0,8	45,3	16
30	8,6	34	5,3	2,5	1,1	52,6	9
60	7,2	35	5,3	2,4	0,9	49,2	9
90	6,9	34	5,1	2,0	0,7	41,3	18
			Fósforo				
0	9,8[1]	53	5,1	2,2	2,4	55	13
30	10,2	52	5,1	2,1	3,3	49	13
60	11,4	52	5,1	2,5	2,7	52	16
90	9,1	52	5,2	2,3	2,9	51	13
			Calcário				
0	11,5[1]	63	4,8	1,9	0,6	28,2	33
1000	13,1	62	4,9	2,2	0,9	41,1	20
2000	8,6	40	5,2	2,6	1,1	48,8	13
4000	9,6	50	5,1	2,5	0,9	44,6	15

[1]Média de 4 repetições.
[2] V = Saturação de Bases.

Tabela 3: Resultados da análise química do solo estratificado, referente ao experimento com doses crescentes de potássio após o cultivo da soja nos anos agrícolas 2009/10 e 2010/11.

Profundidades de amostragem (cm)	P	K	pH	Ca	Mg	V[2]	SA	MOS
	mg dm^{-3}			cmol$_c$ dm^{-3}		%	%	%
				T1 = 0				
0-2,5	30,1	64	6,2	5,8	2,4	82,5	0	2,1
2,5-5,0	15,5	31	5,2	4,1	1,7	62,5	7,5	1,4
5,0-10	10,0	20	4,4	2,6	0,8	34,3	23,2	1,1
10-20	3,3	22	4,5	2,4	0,7	43,6	25,1	1,1
				T2 = 30 kg ha^{-1}				
0-2,5	36,0	65	6,3	6,4	2,7	83,8	0	2,3
2,5-5,0	17,1	31	5,4	4,3	2,1	67,5	4,7	1,4
5,0-10	8,5	23	4,5	3,0	1,0	40,3	20,0	1,3
10-20	3,5	19	4,5	2,7	0,9	40,9	21,6	1,1
				T3 = 60 kg ha^{-1}				
0-2,5	38,5	91	6,2	5,9	2,2	81,9	0	2,2
2,5-5,0	16,8	45	5,2	3,9	1,7	64,2	5,7	1,3
5,0-10	9,2	34	4,4	2,9	0,9	38,5	21,9	1,1
10-20	4,5	25	4,5	2,4	0,8	37,4	22,4	1,1
				T4 = 90 kg ha^{-1}				
0-2,5	33,7	108	6,3	5,4	2,1	79,5	0	2,3
2,5-5,0	18,5	67	5,4	3,8	1,8	70,6	7,0	1,4
5,0-10	11,3	40	4,5	2,6	0,8	40,2	19,9	1,1
10-20	4,5	35	4,6	2,5	0,8	41,2	21,5	1,1

[1]Média de 4 repetições.
[2] V = Saturação de Bases.

Tabela 4: Resultados da análise química do solo estratificado, referente ao experimento com doses crescentes de fósforo após o cultivo da soja nos anos agrícolas 2009/10 e 2010/11.

Profundidades de amostragem	P	K	pH	Ca	Mg	V[2]	SA	MOS
(cm)	mg dm^{-3}			$cmol_c$ dm^{-3}		%	%	%
				T1 = 0				
0-2,5	18,2	126	6,1[1]	6,6	2,8	81,2	0	2,4
2,5-5,0	15,9	167	5,1	4,3	2,4	62,0	6,7	1,8
5,0-10	10,5	31	4,4	4,0	1,4	37,7	20,3	1,5
10-20	5,0	29	4,8	5,7	2,0	53,3	8,0	1,1
				T2 = 30 kg ha^{-1}				
0-2,5	23,8	117	6,0[1]	7,7	3,0	80,3	0	2,5
2,5-5,0	18,0	100	4,9	4,0	2,3	59,8	9,4	1,6
5,0-10	9,5	30	4,3	3,7	1,3	39,4	22,8	1,4
10-20	4,7	33	4,7	5,6	2,0	50,6	10,5	1,1
				T3 = 60 kg ha^{-1}				
0-2,5	30,2	106	5,9[1]	7,0	2,8	76,7	0	2,4
2,5-5,0	19,7	52	4,9	3,9	2,0	53,9	10,0	1,5
5,0-10	8,3	32	4,4	4,2	1,4	39,8	21,3	1,6
10-20	3,7	27	4,7	5,5	1,9	48,1	15,0	1,1
				T4 = 90 kg ha^{-1}				
0-2,5	50,7	122	6,0[1]	7,3	2,9	81,7	0	2,6
2,5-5,0	27,1	53	4,9	4,1	2,1	62,3	7,9	1,7
5,0-10	11,8	39	4,4	3,0	1,3	40,5	17,7	1,4
10-20	4,5	29	4,6	5,4	1,9	41,2	21,5	1,1

[1]Média de 4 repetições.
[2] V = Saturação de Bases.

Tabela 5: Resultados da análise química do solo estratificado, referente ao experimento com doses crescentes de calcário após o cultivo da soja nos anos agrícolas 2009/10 e 2010/11.

Profundidades de amostragem	P	K	pH	Ca	Mg	SB	SA	MOS
(cm)	mg dm^{-3}			$cmol_c$ dm^{-3}		%	%	%
				T1 = 0				
0-2,5	28,9	108	4,6[1]	3,1	1,2	44,1	16,3	2,4
2,5-5,0	15,5	60	4,1	2,3	0,7	25,5	39,1	1,6
5,0-10	7,4	44	4,1	2,5	0,8	23,7	38,1	1,4
10-20	2,4	30	4,5	3,4	1,0	32,8	27,0	1,1
				T2 = 1000 kg ha^{-1}				
0-2,5	30,5	106	4,9[1]	3,8	1,7	52,7	7,5	2,3
2,5-5,0	16,7	48	4,2	2,6	0,9	29,0	32,7	1,7
5,0-10	7,2	41	4,1	2,5	0,8	24,6	36,3	1,4
10-20	2,4	27	4,4	3,3	1,0	29,9	30,6	1,1
				T3= 2000 kg ha^{-1}				
0-2,5	32,8	99	5,8[1]	5,9	2,5	72,6	5,3	2,3
2,5-5,0	16,7	47	5,0	4,3	1,7	60,6	12,8	1,6
5,0-10	12,6	38	4,3	2,9	1,0	33,7	29,8	1,5
10-20	2,0	25	4,4	3,1	0,9	30,3	33,4	1,0
				T4= 4000 kg ha^{-1}				
0-2,5	30,2	106	5,3[1]	4,9	1,9	62,6	4,1	2,3
2,5-5,0	15,2	49	4,6	3,3	1,2	44,4	20,3	1,5
5,0-10	9,0	41	4,2	2,7	0,9	30,1	32,8	1,4
10-20	2,8	28	4,4	3,0	0,8	28,5	30,4	1,0

[1]Média de 4 repetições.
[2] V = Saturação de Bases.

Tabela 6: Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas folhas da soja nos experimentos com doses crescentes de potássio, fósforo e calcário, respectivamente, no ano agrícola 2010/11.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg
	g kg^{-1}				
Experimento Potássio					
0	26,5	1,7	7,6	2,6	5,7
30	25,5	1,4	12,1	10,8	4,5
60	25,0	1,5	15,5	10,1	3,9
90	27,1	1,4	22,9	9,6	3,2
Experimento Fósforo					
0	24,7	1,7	18,8	11,2	3,8
30	26,8	2,0	23,3	11,4	4,2
60	28,5	1,8	18,1	12,2	4,8
90	28,3	1,9	17,4	13,2	4,6
Experimento Calcário					
0	24,7	1,4	25,8	8,4	2,9
1000	26,3	1,5	20,3	9,7	3,5
2000	23,7	1,3	24,8	10,5	3,4
4000	25,1	1,3	20,3	10,3	3,5

[1]Média de 4 repetições.

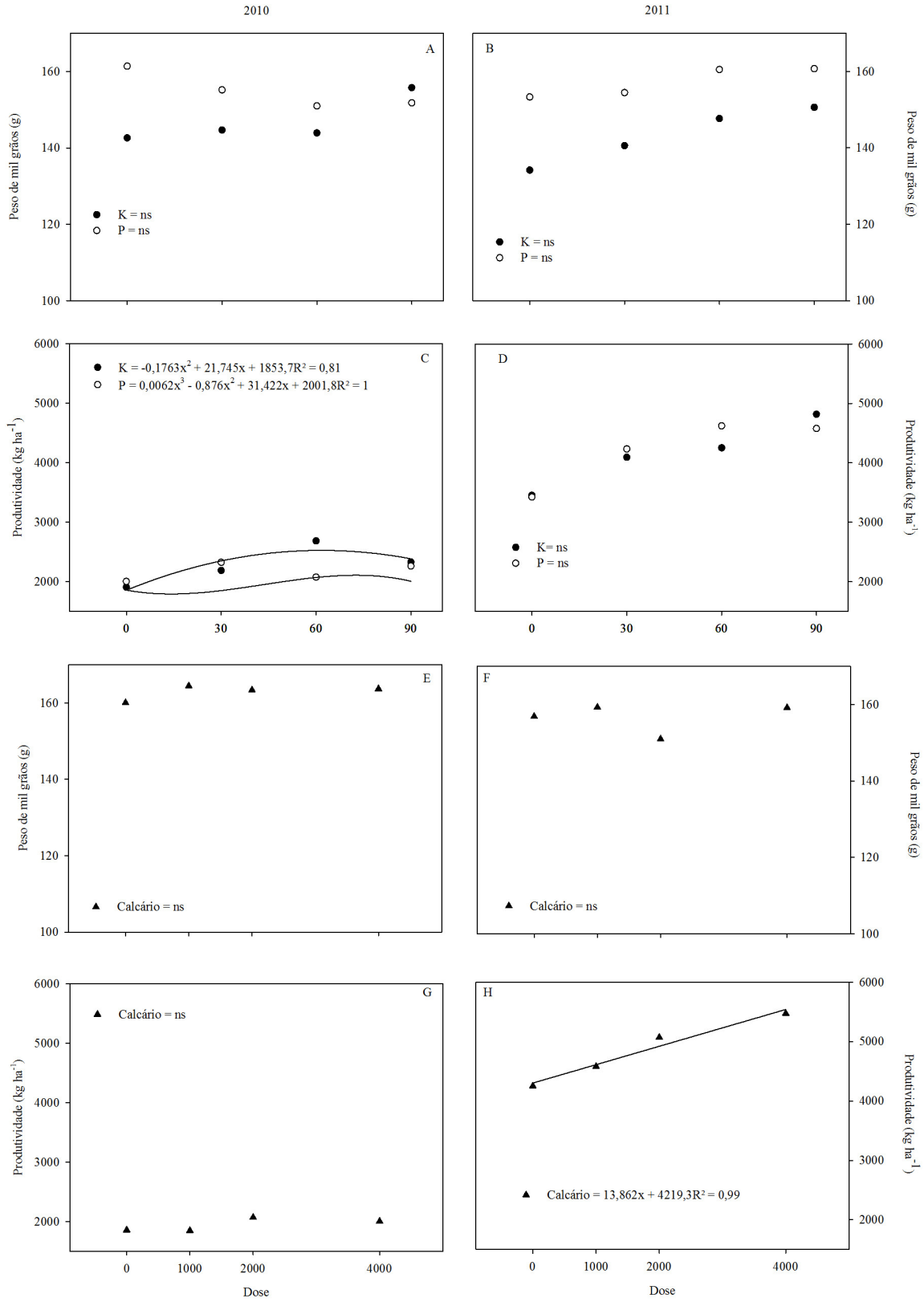


Figura 1: Peso de mil grãos (A, B, E e F) e produtividade de soja (C, D, G e H) cultivada em solos de várzea em resposta a doses crescentes de K_2O, P_2O_5 e calcário nas safras 2010 e 2011, respectivamente, Santa Maria, RS, 2012.

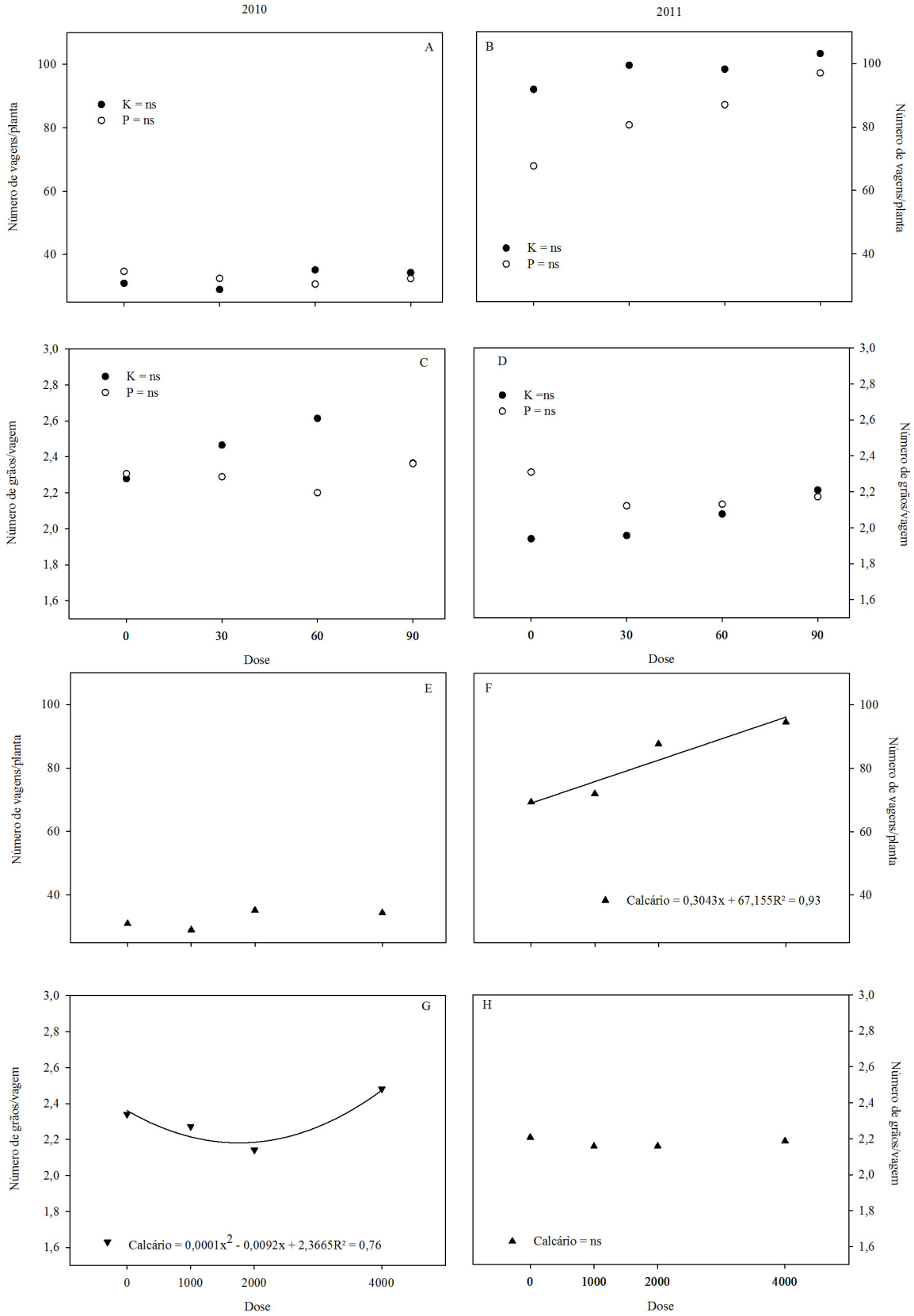


Figura 2: número de vagens por planta (A, B, E e F) e número de grãos por vagem (C, D, G e H) cultivada em solos de várzea em resposta a doses crescentes de K_2O, P_2O_5 e calcário, para os anos

2009/10 e 2010/2011, respectivamente, Santa Maria, RS, 2012.

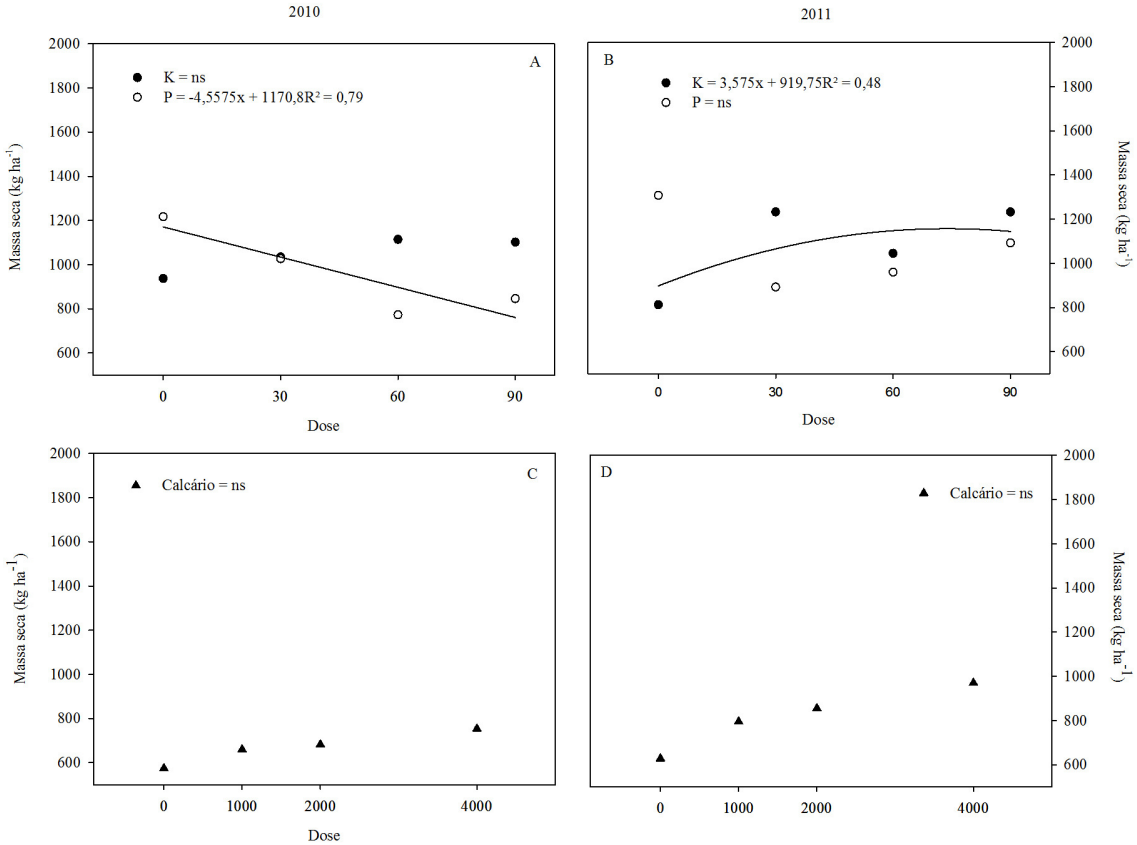


Figura 3: massa seca da parte aérea da soja cultivada em solo de várzea em resposta a doses crescentes de K_2O, P_2O_5 e calcário, para os anos 2009/10 (A e C) e 2010/2011 (B e D), respectivamente, Santa Maria, RS, 2012.

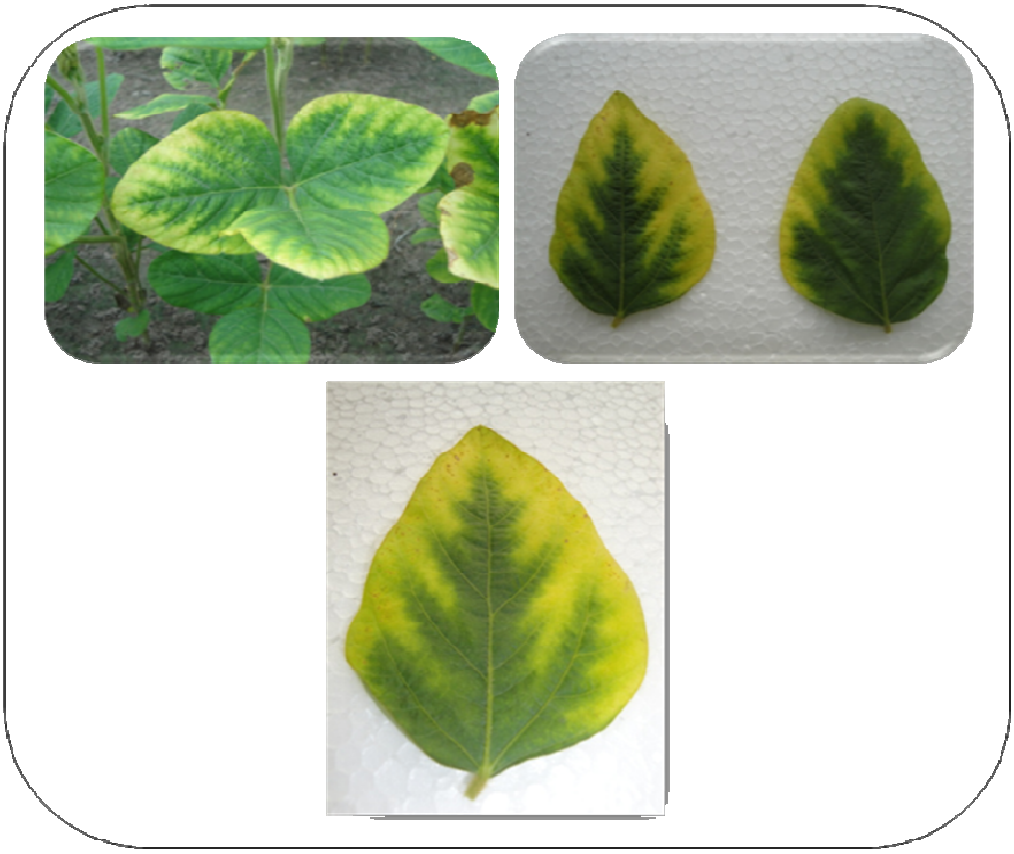


Figura 4: Sintomas de deficiência de potássio em folhas de soja, através do aparecimento de manchas amareladas e irregulares nos bordos das folhas, Santa Maria, RS, 2012.

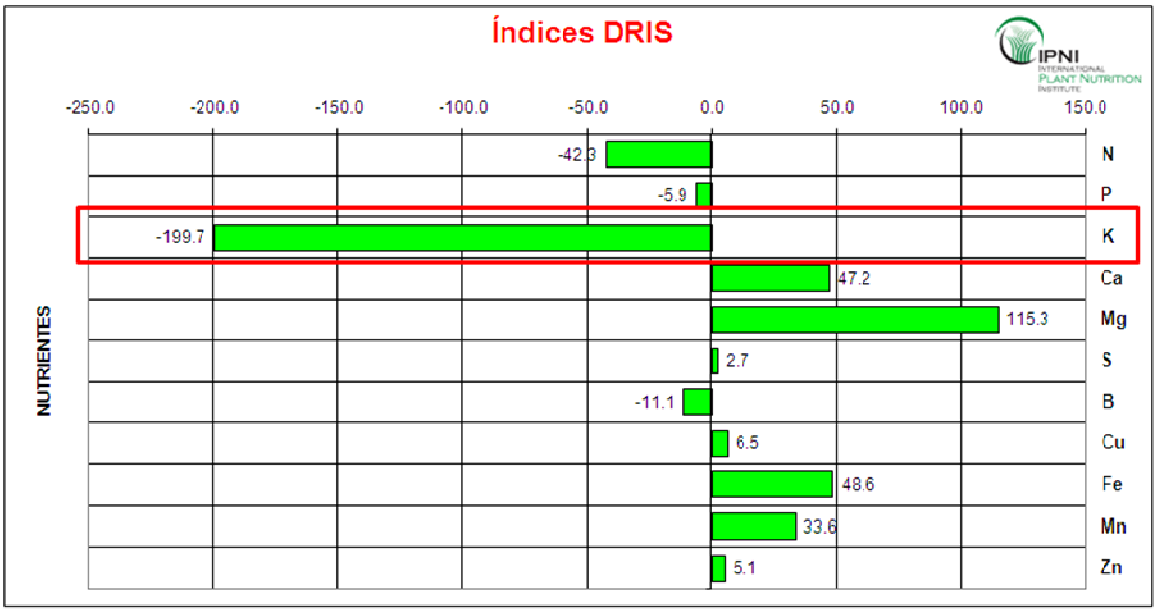


Figura 5: análise foliar segundo Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) para a soja, Santa Maria,RS,2012.

CAPÍTULO 2

EFEITO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO SOBRE O ARROZ IRRIGADO EM ROTAÇÃO COM A SOJA

Residual effect of fertilization on rice in rotation with soybean

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito residual da adubação com doses crescentes de potássio (K), fósforo (P) e calcário realizadas na cultura da soja sobre a cultura do arroz irrigado em rotação. O experimento foi conduzido no ano agrícola 2011/12 em área de várzea sistematizada da UFSM, Santa Maria, RS. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de doses crescentes de potássio (0, 30, 60 e 90 kg ha^{-1} de K_2O), fósforo (0, 30, 60 e 90 kg ha^{-1} de P_2O_5) e calcário (0, 1000, 2000 e 4000 kg ha^{-1}) aplicados nos dois cultivos anteriores com soja. Avaliaram-se os seguintes parâmetros: produtividade de grãos, estande inicial, número de colmos por planta, estatura de plantas, número de panículas por m^2, massa de 1000 grãos e biomassa seca da parte aérea. A estatura final de plantas e a massa seca da parte aerea de plantas de arroz foram alteradas pelas doses crescentes de potássio. O peso de mil grãos foi alterado somente pelos tratamentos com doses crescentes de fósforo. As doses crescentes de calcário causaram alterações na estatura final de plantas de arroz. Entretanto, as doses crescentes de potássio, fósforo ou calcário não foram suficientes para influenciar a produtividade de grãos.

Palavras chave: *Oryza sativa*, produtividade, potássio, fósforo, calagem.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the residual effect of fertilization with crescent doses of potassium (K), phosphorus (P) or limestone on irrigated rice in rotation with soybean. The experiment was carried out during 2011/12 in the lowland systematic UFSM, Santa Maria, RS. The experimental design was randomized blocks with four replications. The treatments consisted of crescent doses of potassium (0, 30, 60 or 90 kg ha^{-1}), phosphorus (0, 30, 60 or 90 kg ha^{-1}) and limestone (0, 1000, 2000 or 4000 kg ha^{-1}) applied in the two previous soybean crops. We evaluated the following parameters: grain yield, initial stand, number of culm per plant, plant height, number of panicles per m^2, 1000-grain weight and shoot dry weight. The results showed that crescent doses of potassium, phosphorus or limestone did not affect the grain yield. The final plant height and shoot dry weight of rice plants were altered by crescent doses of potassium. The 1000-grain weight was changed only by treatments with crescent doses of phosphorus. The crescent doses of limestone caused changes in the final height of rice plants.

Key words: *Oryza sativa*, grain yield, potassium, phosphorus, liming.

Introdução

O sistema de produção de arroz irrigado mais utilizado no Rio Grande do Sul é o arroz-pousio, no qual o arroz é cultivado no verão e a resteva é utilizada para pecuária de corte e, em poucos casos, com pastagens cultivadas no inverno. Os solos de várzea no estado do RS atingem 5,4 milhões de hectares (PINTO et al., 2004). Deste total, apenas cerca de um milhão de hectares são cultivados anualmente, devido à limitação hídrica e da falta de alternativas de rotação e sucessão de culturas (IRGA, 2010). Nos últimos anos, o Estado vem obtendo avanços crescentes em produtividade, cujo incremento foi de 2 ton ha^{-1} nos últimos cinco anos. Esses avanços se devem a esforços dos produtores, às práticas de manejo, ao melhoramento genético, que disponibilizou cultivares com maior potencial produtivo, à melhoria na nutrição das plantas e a programas de transferência tecnológica que englobam essas práticas, destacando-se o Projeto 10 do IRGA (MENEZES et al., 2004).

O aumento de produtividade provocou uma intensificação no uso de áreas cultivadas com arroz irrigado. Entre as alternativas capazes de aumentar o potencial produtivo destas áreas, como a Depressão Central, destacam-se a rotação e a sucessão de culturas. As maiores dificuldades para adaptação de sistemas diversificados de produção agrícola em áreas de várzea são a dificuldade de drenagem e a inexistência de espécies tolerantes as condições de excesso hídrico. Dentre as alternativas viáveis para a rotação de culturas, destaca-se a soja, que apresenta características interessantes para esse sistema de produção e contribui para a sustentabilidade do arroz irrigado no estado do RS. O uso de sistemas de rotação de culturas de grãos e de coberturas de solo no inverno afeta positivamente as condições do solo e aumenta o rendimento das culturas subseqüentes. Dentre esses efeitos, pode-se destacar a melhor utilização do solo, o aumento dos teores de matéria orgânica, o controle mais eficiente de plantas daninhas e de insetos-pragas e ainda, a ciclagem de nutrientes, devido à utilização de espécies de plantas com diferentes sistemas radiculares (REGO, 1994).

A maioria dos solos de várzea no RS tem como característica a sua formação em condição de drenagem deficiente, o que confere a ele características específicas do ponto de vista químico e físico. Além disso, o seu manejo é importante e tem particularidades específicas, se comparado a outros solos do Estado. Do ponto de vista químico, ocorrem ciclos de oxidação-redução, que influenciam principalmente o pH, a disponibilidade de nutrientes, como fósforo, cálcio e magnésio, redução dos óxidos de ferro e manganês e elevação da condutividade elétrica (SOUSA et al., 2010).

A cultura do arroz apresenta alto potencial produtivo desde que manejada

adequadamente. Dentre as diversas práticas, o manejo da fertilidade do solo tem papel fundamental na sustentabilidade desses sistemas, uma vez que eleva a eficiência e o aproveitamento de adubos e de corretivos de solo (VENTURA et al., 1984 *apud* SILVEIRA et al., 1998).

Em solo de várzea, o N é o elemento mais limitante para a produção de arroz, seguido do P e do K (FAGERIA, 1999a). Para se obter alta produção nesses solos é necessário corrigir-se a deficiência nutricional. Além disso, no manejo adequado de sua fertilidade, o efeito residual da adubação é importante, principalmente de nutrientes imóveis como P e K. Fageria et al. (1999) definiram o efeito residual do fósforo e do potássio como a quantidade desses nutrientes disponível para a cultura sucessiva ou a resposta desta cultura a nível de P e K aplicados. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito residual da adubação de potássio, fósforo ou calcário aplicada na cultura da soja em sistema de rotação de cultura com o arroz irrigado.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2011/12, em área de várzea sistematizada do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Depressão Central do Rio Grande do Sul. O solo é classificado como Planossolo Háplico eutrófico arênico. A área foi de aproximadamente 0,7 hectares, vetorizada com GPS de navegação, estabelecendo-se uma malha amostral com grid (frequência amostral) de 0,05 ha. Foram instaladas parcelas experimentais para avaliação dos tratamentos na forma de seis experimentos com soja no delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. O bloco foi constituído de quatro tratamentos, sendo que cada unidade experimental foi de 5 x 5 m (25 m^2).

O experimento com arroz foi instalado sobre a mesma área experimental conduzida em dois anos anteriores com a cultura da soja sob três experimentos, sem que houvesse aplicação de novas doses de adubação sobre a cultura do arroz. Foi realizada somente aplicações de nitrogênio (N) na forma de uréia e dividido em duas épocas, a primeira aplicação (70 kg ha^{-1} de N) no início do perfilhamento e a segunda (40 kg ha^{-1} de N) na diferenciação do primórdio floral. A cultivar utilizada foi Puitá INTA CL, por apresentar alto potencial produtivo, na densidade de semeadura de 85 kg ha^{-1}, na época recomendada conforme as recomendações da pesquisa (SOSBAI, 2010). A área útil para estimativa da

produtividade de grãos foi de 4,0 x 2,0 m (4,7m^2). Os demais tratos culturais foram realizados conforme recomendação da pesquisa para o arroz irrigado (SOSBAI, 2010).

Aos 10 dias após a emergência (DAE) foi demarcado um metro de linha de semeadura em cada unidade experimental, onde se realizou a contagem do estande inicial, posteriormente convertido para m^2. Além disso, nessa área realizou-se a contagem do número de colmos planta^{-1} aos 10, 17, e 35 DAE, e o número de panículas, por ocasião da pré-colheita, aos 124 DAE. Na mesma ocasião, avaliou-se a estatura de 10 plantas escolhidas em sequência.

Para a avaliação de estatura de plantas foi demarcado outro metro de linha de semeadura, do qual eram retiradas 10 plantas em sequência a cada avaliação. Depois de coletadas, as plantas foram lavadas e as raízes foram retiradas para que fosse feita a medida da base até a ponta da última folha. A medida foi realizada com régua milimetrada, objetivando-se obter a estatura das plantas aos 14, 29 e 124 DAE. Para avaliação da massa seca da parte aérea as plantas eram colocadas em sacos de papel e submetidas à estufa de circulação forçada com temperatura de 65°C, até peso constante, sendo realizada aos 17 e 75 DAE.

A produtividade de grãos foi determinada colhendo-se manualmente as panículas da área útil das parcelas quando os grãos atingiram umidade média de 21%. Estas foram trilhadas e, posteriormente, determinou-se a massa dos grãos e a umidade foi corrigida para 13%.

Todos os resultados foram submetidos à análise de variância através do teste F. As médias foram submetidas à análise de regressão polinomial.

Resultados e discussão

No presente trabalho, de maneira geral não foram observadas alterações significativas em vários parâmetros avaliados na cultura do arroz irrigado quando se tratou de efeito residual da adubação com doses crescentes de potássio (K), fósforo (P) e calcário. A produtividade de grãos não foi significativamente influenciada pelos tratamentos de doses crescentes de potássio, fósforo e calcário aplicados por dois anos consecutivos na cultura da soja (Tabela 1). É válido ressaltar que, mesmo não havendo diferença significativa entre os tratamentos, é possível observar que as médias de produtividade de grãos encontradas foram altas (K = 9.392 kg ha^{-1}, P = 9.222 kg ha^{-1} e calcário = 9.409 kg ha^{-1}) quando comparadas a média do Estado, que foi de 7.100 kg ha^{-1} (CONAB 2012). As altas médias de produtividade de arroz obtidas no presente trabalho indicam que não foi possível perceber efeito residual da adubação em diferentes doses realizada anteriormente na cultura da soja. Além disso, a falta

de adubação anual no arroz para P e K, mesmo que em pequena dose, pode ter prejudicado a avaliação da resposta à adubação residual.

Em solos de várzea intensivamente cultivados, a importância da adubação para a cultura de arroz irrigado tem sido relatada por vários autores, aumentando a produtividade de grãos (FAGERIA et al., 2000; FAGERIA et al., 2003; BARBERENA et al., 2010; CORREIA et al., 2011). Estudos demonstram que um aumento na resposta do arroz irrigado ao fertilizante potássico (SANTOS et al., 2002, RODRIGUES et al., 2011). Resultados observados por Zaratin et al. (1999) demonstraram que houve grande efeito do K sobre a massa de grãos, número de panículas m^{-2} e produtividade de grãos. Em sistema pré-germinado a produtividade de grãos de duas cultivares (SCS 114 Andosan e SCS 115 CL) aumentou de forma quadrática em resposta a adição crescente de doses de K (KNOUBLACH et al., 2009). Porém, doses crescentes de K aplicados no solo não proporcionaram incremento de produtividade de grãos de arroz irrigado (MEDEIROS et al., 2005). Além disso, Leite et al. (2009) não observaram correlação entre os níveis de K e P com a produtividade de grãos na cultura do arroz irrigado. Outro estudo demonstra que não houve efeito imediato e residual da adubação fosfatada na cultura do arroz irrigado sobre a produtividade de grãos (FERREIRA et al., 2007).

O peso de mil grãos não foi influenciado significativamente pelas doses de K e calcário. Na cultura do arroz, o peso de grãos é o componente de rendimento mais estável, variando entre diferentes cultivares (YOSHIDA, 1981). Barberena et al. (2010), avaliaram o efeito de diferentes doses de K e P na cultura do arroz irrigado, e observaram que o peso de mil grãos foi reduzido linearmente com a aplicação do potássio. Em sistema pré-germinado as doses crescentes de K não alteraram o peso de grãos de diferentes genótipos avaliados (KNOBLAUCH et al., 2009).

No presente estudo, as doses de P influenciaram significativamente o peso de mil grãos (Figura 1), com comportamento quadrático em que a resposta ocorreu até 60 kg ha^{-1} de K_2O. . Barberena et al. (2010) também observaram uma resposta quadrática ao uso do P sobre o peso de grãos de arroz irrigado com valor máximo de 27,71 g mil^{-1} grãos na dose de 100 kg ha^{-1} de P_2O_5. Fageria et al. (2000), em estudos com diferentes níveis de K e P, também obtiveram resultados semelhantes para esta variável em seu experimento com três anos de cultivo.

O número de panículas não foi influenciado significativamente pelos tratamentos de doses crescentes de potássio, fósforo e calcário (Tabela 1). Essa variável apresenta correlação significativa com produtividade de grãos, e por isso destaca-se a importância desta em relação

às maiores produtividades (YOSHIDA, 1981; FAGERIA et al., 2000; BUZETTI et al., 2010). O número de panículas é uma das variáveis que mais respondem a presença de fósforo. Rodrigues et al. (2011) encontraram que a adubação fosfatada aumentou o número de panículas por m^2 até a dose de 200 kg ha^{-1} de P_2O_5. Porém, o número de panículas por m^2 da cultivar Puitá INTA CL não foi significativamente alterado após o tratamento com diferentes fontes de cálcio e magnésio (SCHOENFELD & ANGHINONI, 2011). Rodrigues et al. (2011) encontrou resposta significativa para o número de panículas por m^2 em resposta a adubação potássica. Já em sistema de cultivo pré-germinado o número de panículas por m^2 não foi alterado em resposta a doses crescentes de K (KNOBLAUCH et al., 2009).

O estande inicial de plantas não foi influenciado pelos tratamentos com doses crescentes de K, P e calcário (Tabela 1). Esses resultados estão de acordo com Schoenfeld & Anghinoni (2011) que também não observaram efeito significativo de diferentes fontes de cálcio e magnésio sobre o estande inicial de plantas.

A massa seca da parte aérea foi avaliada aos 17 e 75 DAE, sendo que somente aos 75 DAE esse parâmetro foi influenciado pelas doses crescentes de K. No presente estudo, foi possível observar através da curva de regressão linear um aumento da massa seca da parte aérea em resposta as doses crescentes de potássio (Figura 2). Fageria (2000), avaliando em vasos a eficiência de uso de K em genótipos de arroz de terras altas obteve baixo coeficiente de correlação entre matéria seca da parte aérea e produção de grãos. Os resultados observados pelo autor auxiliam a explicação sobre falta de resposta à adubação potássica na produtividade de grãos da cultivar Puitá INTA CL. As doses crescentes de P e calcário não causaram efeitos sobre a massa seca da parte aérea em ambos os períodos avaliados. A massa seca da parte aérea de diferentes genótipos de arroz irrigado variaram significativamente em alta dose de P (200 mg P kg^{-1} de solo) (FAGERIA et al., 2011).

A estatura de plantas avaliada aos 14 e 29 DAE não foi significativamente diferente para os tratamentos com doses crescentes de potássio, fósforo e calcário (Tabela 2). Porém, aos 124 DAE verificou-se que as doses de K e a calagem influenciaram significativamente esse parâmetro. A Figura 3 demonstra que houve um aumento da estatura de plantas em função do aumento crescente das doses de K. Esses resultados estão de acordo com os resultados observados na massa seca da parte aérea aos 75 DAE. Alguns autores afirmam que a resposta da cultura do arroz à aplicação de potássio não é tão marcante quanto à obtida com aplicação de nitrogênio e fósforo (FAGERIA et al., 1990; FAGERIA & BARBOSA FILHO, 1990; FAGERIA, 2000). Entretanto, Crusciol et al. (1999), relata que o K é um dos elementos mais exigidos pela cultura do arroz de sequeiro. Porém, quando comparado a outros

nutrientes, o potássio é extraído em maior quantidade pelos cultivares modernos de arroz irrigado. A equação quadrática foi a que melhor se ajustou entre a estatura de plantas e as doses de calcário (Figura 3) aos 124 DAE. Foi possível observar através da curva de regressão quadrática que a partir de 2000 kg ha^{-1} a estatura de plantas foi decrescente em direção a maior dose (4000 kg ha^{-1}). A estatura da cultivar Puitá INTA CL também foi significativamente alterada em resposta as maiores doses de calcário e de calcite (SCHOENFELD & ANGHIONI, 2011). Apesar de alguns trabalhos demonstrarem que o P aplicado no solo proporciona efeitos residuais positivos e significativos para diversas culturas, no presente estudo não foi observado efeito sobre este parâmetro (Figura 3). Medhi et al. (1997), observaram efeitos benéficos do fósforo residual para o arroz inundado, porém em outros trabalhos não se constata nenhum efeito residual positivo de adubação fosfatada para essa cultura (FAGERIA et al., 1999). Devido à ocorrência de reações de redução em solos que sofrem submersão, é observado um aumento na concentração de fósforo solúvel em água e na disponibilidade de P o que talvez explique a baixa ou, a falta de resposta do arroz irrigado à aplicação de fósforo no solo.

Pela análise de variância para perfilhamento aos 10, 17 e 35 DAE, não foi observada diferença significativa para os tratamentos com doses crescentes de potássio, fósforo e calcário (Tabela 3). O potássio tem pouco efeito no perfilhamento, a não ser em condições de extrema carência desse nutriente.

Quando observado os valores químicos do solo, é possível visualizar que não houve diferença significativa nos valores de pH, fósforo e potássio entre os tratamentos (Tabela 4). Os resultados de solo podem ajudar a explicar a não diferença significativa observada entre os tratamentos de doses crescentes de K, P e calcário, para os parâmetros fitotécnicos analisados no trabalho, principalmente produtividade de grãos.

Conclusão

1 - Em solos com teores adequados de nutrientes para o sistema de arroz irrigado, não houve resposta ao aumento das doses de adubação de potássio, fósforo e calcário pelo arroz, quando observado os efeitos residuais da aplicação desta adubação na cultura da soja em rotação.

2 - Apesar de um desenvolvimento inicial superior resultado das adubações residuais na soja e algumas melhorias nos componentes de rendimento da arroz, os tratatamentos

realizados não foram suficientes para alterarem as condições de fertilidade do solo e promoverem incrementos significativos a cultura do arroz.

Referências bibliográficas

BARBERENA, D. S.; MEDEIROS, R. D.; BARBOSA, G. F. Desenvolvimento e produtividade de arroz irrigado em resposta a diferentes doses de fósforo e potássio, em várzea de primeiro ano, no estado Roraima. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 462-470, maio/jun., 2011.

BUZETTI, L. et al. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.34, n.2, p.307-312, 2010.

CONAB, Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2011/12 – **Sétimo Levantamento** – Abril/2012.

COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, n.40, 436-443, 2000.

CRUSCIOL, C.A.C; MACHADO, J.R.; ARF, O. & RODRIGUES, R.A.F. Matéria seca e absorção de nutrientes em função do espaçamento e da densidade de semeadura em arroz de terra alta. **Sci. Agric**., 56:63-70, 1999.

FAGERIA, N.K.; WRIGHT, R.J.; BALIGAR, V.C. & CARVALHO, J.R.P. Upland rice response to potassium fertilization on a Brazilian Oxisol. **Fertil. Res**., 21:141-147, 1990.

FAGERIA, N.K., BARBOSA FILHO, M.P. Potassium fertilition increase upland rice yield in cerrado soil. **Better Crops International**, Atlanta v.6, p.12-3, 1990.

FAGERIA, N.K. Nutrição mineral. In: Vieira, N.R.A.; Santos A.B. dos; Santana, E.P. (eds.) A cultura do arroz no Brasil. **Embrapa Arroz e Feijão**, Santo Antonio de Goiás, GO, 1999a. p.172-196.

FAGERIA, N.K.; STONE, L.F.; SANTOS, A.B. dos. Maximização da eficiência de produção das culturas. **EMBRAPA**, Brasília, DF, 1999. 294p.

FAGERIA, N.K., Eficiência do uso de potássio pelos genótipos de arroz de terras altas. **Pesq. Agropec. Bras**., 35:2115-2120, 2000.

FAGERIA, N. K.; SLATON, N. A.; BALIGAR, V. C. Nutrient management for improving lowland rice productivity and sustainability. **Advances in Agronomy**, New York, v.80, p.63-152, 2003.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 3.ed. Boca Raton: CRC Press, 2011. 560p.

FERREIRA, L.H.G.; GOMES, A.S.; THEISEM, G.; GARDIN, J.P.P.; SILVEIRA, C.A.P.; PEREIRA, R.S.D.; WINKLER, A.S. Acúmulo de biomassa e absorção de NPK em três cultivares de arroz irrigado. In: **Anais do V Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado; XXVII da Cultura do Arroz Irrigado**, Pelotas, 2007/Editado por Ariano. Martins de Magalhães Júnior [st al] – Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p.524 – 526, 2007.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ. **Dados de safra –Acompanhamento semanal da colheita.** Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/index.php?act i on=dados_safra>.
2010.

KNOBLAUCH, R.; BACHA, R. E.; STUKER, H.; ERNANI, P. R.; COIMBRA, J. L. M. Doses de nitrogênio e potássio para adubação do arroz irrigado em sistema pré-germinado. In: **Anais do VI Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado**, Porto Alegre, 2009. p.187 – 190, 2009.

LEITE, C. W.; LUZ, C. A. S.; FILHO, O. A. L.; LUZ, M. L. G. S. Agricultura de precisão: avaliação dos níveis de fósforo e potássio na produtividade de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.). In: **Anais do VI Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado**, Porto Alegre, 2009. p.183 – 186, 2009.

MEDEIROS, R.D., CORDEIRO, A.C.C., VILARINO, A.A. Influência de doses e de calcário sobre a produtividade de grãos de arroz irrigado em Roraima. In: **Anais/IV Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado e XXVI Reunião da Cultura do Arroz Irrigado**, Santa Maria – RS – Brasil, 09 a 12 de agosto de 2005. Santa Maria: Editora Orium, 2005. P.415-417.

MEDHI, D. N.; DATTA, S. K. de; DE-DATTA, S. K. Residual effect of fertilizer phosphorous in lowland rice. **Nutrient-Cycling-in-Agroecosystems**, Manila, v. 46, n. 3, p. 189-193,. 1997.

MENEZES, V.G.; MACEDO, V.R.M.; ANGHINONI, I. **Projeto 10:** estratégias para o aumento de produtividade, competitividade e sustentabilidade da lavoura de arroz irrigado no RS. IRGA. Divisão de Pesquisa: Cachoeirinha, 2004. 32p.

YOSHIDA, S. Fundamentals of rice crop science. Los Baños: **IRRI**, 1981. 269p.

PINTO, L. F. S.; LAUS NETO, J.A.; PAULETTO, E.A. Solos de Várzea do Sul do Brasil cultivados com arroz irrigado. In: Gomes, A.S.; MAGALHÃES, A.M. **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa, 2004. p. 45-95.

REGO, P. G.. Economia das rotações de cultura em plantio direto. **Revista Mensal Batavo**. Castro, ed. 31, 1994. p. 20-28.

RODRIGUES, G. S.; MEDEIROS, R. D.; RODRIGUES, T. G.; CORDEIRO, A. C. C.; BENDAHAN, A. B. Efeito de doses de fósforo e potássio no arroz irrigado em Roraima. In: **Anais do VII Congresso Brasileiro de Arroz Irrigad.** Balneário Camburiú - SC, 2011. p.385 – 388, 2011.

SANTOS, A. B.; FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. J. P. Atributos químicos do solo afetado pelo manejo da água e do fertilizante potássico na cultura de arroz irrigado**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p.12-16, 2002. Campina Grande, PB.

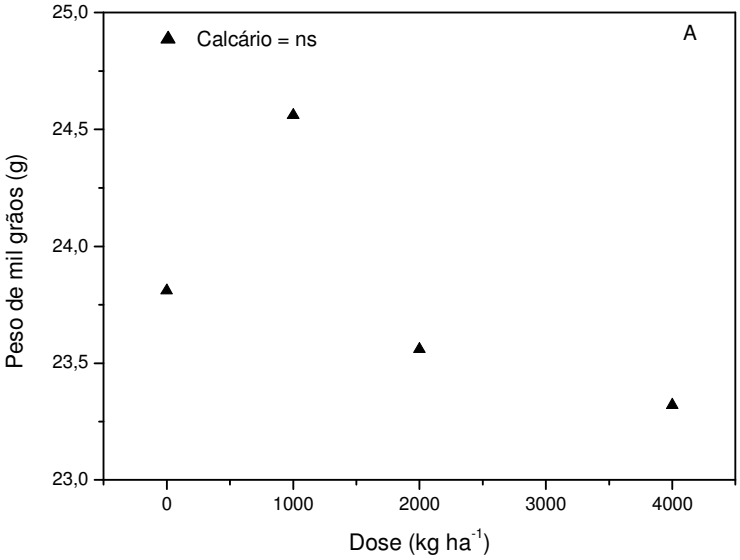
SCHOENFELD, R.; ANGHINONI, I. Resposta do arroz irrigado à calagem e ao suprimento de cálcio e magnésio por diferentes fontes In: **Anais do VII Congresso Brasileiro de Arroz Irrigad;** Balneário Camburiú - SC, 2011. p.546 – 549, 2011.

SILVEIRA, P. M. da *et al*.. Efeito da sucessão de cultura e do preparo do solo sobre o rendimento do arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 33, n. 6, p. 885-890, 1998.

SOUSA, R.O.; CAMARGO, F.A.O.; VAHL, L.C. Solos Alagados (reações de redox). In: MEURER, E. J. (Ed.) **Fundamentos de Química do Solo.** Porto Alegre: Evangraf, 2010. P. 185-211.

SOSBAI- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz Irrigado**: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil, 28. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado. Porto Alegre: SOSBAI, 2010. 188p.

ZARATIN, C.; MELO, L.P. & PANTANO, A.C. Efeitos de doses e do parcelamento de potássio em cultivares de arroz irrigado por aspersão: produção de sementes. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃ O CIENTÍFICA, 11., Botucatu, 1999. **Resumos**. São Paulo, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 1999. p.202.



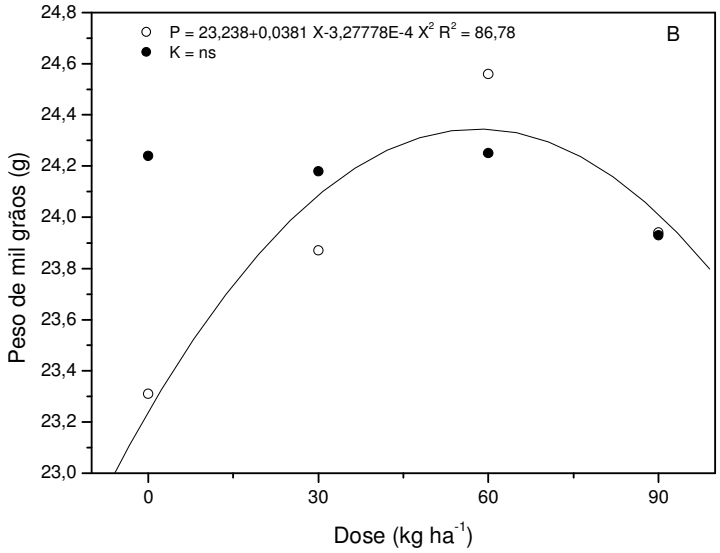


Figura 1- Peso de mil grãos (g) da cultivar Puitá INTA CL em função das doses crescentes na soja em 2 cultivos consecutivos anteriores de calcário (A), potássio (K) e fósforo (P) (B).

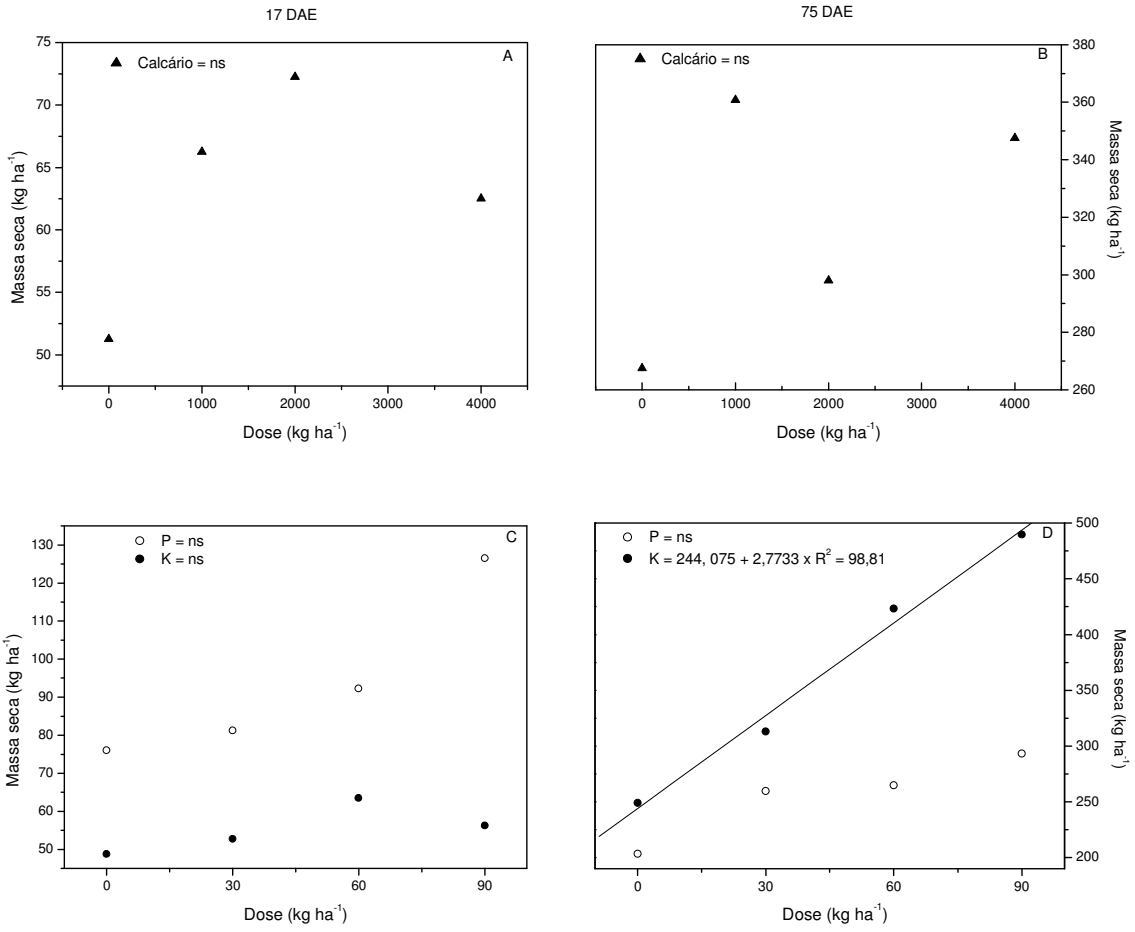


Figura 2: Massa seca da parte aérea de plantas da cultivar Puitá INTA CL em função das doses crescentes na soja em 2 cultivos consecutivos anteriores de potássio (K) (C e D), fósforo (P), e calcário (A e B) na soja.

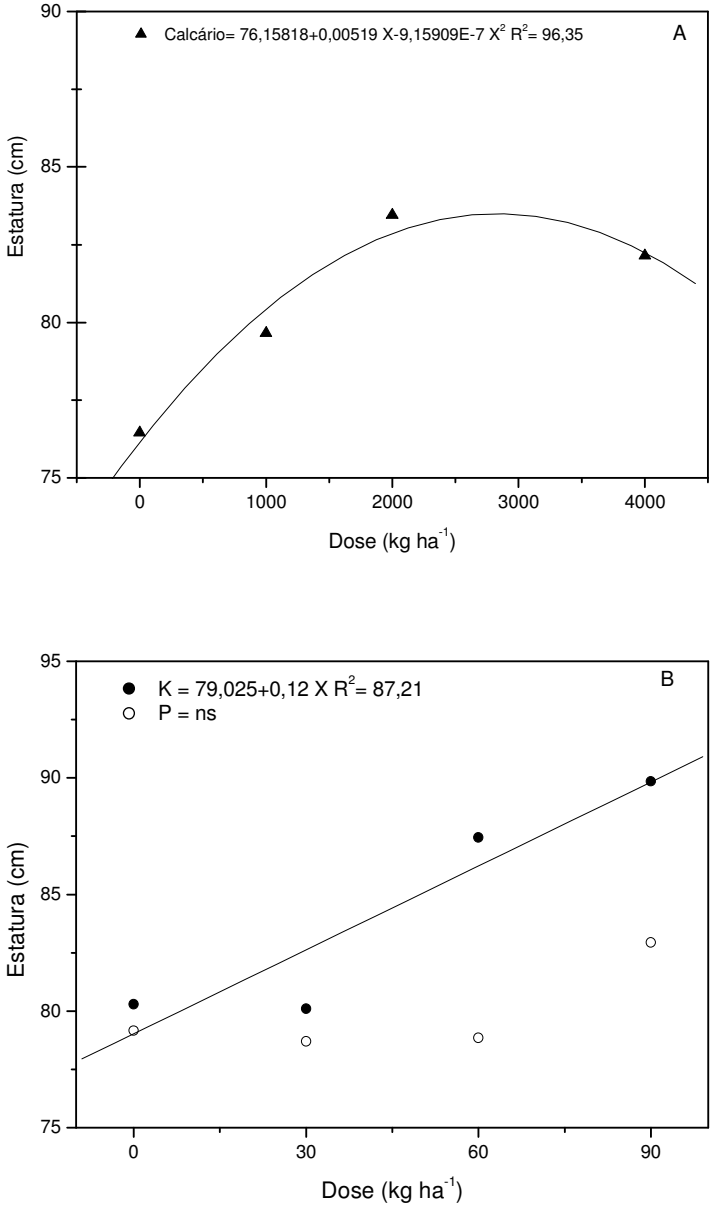


Figura 3- Estatura de plantas de arroz aos 124 dias após a emergência em função das doses crescentes na soja em 2 cultivos consecutivos anteriores de potássio (K), fósforo (P) (B) e calcário (A) na soja.

Tabela 1 - Esterilidade, número de panículas, grãos por panícula e produtividade de grãos da cultivar Puitá INTA CL em resposta as doses crescentes de K, P e calcário utilizados na cultura da soja antecessora. Santa Maria, RS, 2012.

Trat.	Esterilidade	Panículas	Grãos Panícula^{-1}	Produtividade
	%	m^2		kg ha^{-1}
			Calcário	
0[1]	6,7 ^{ns}	532 ^{ns}	92 ^{ns}	9495 ^{ns}
1000	7,5	581	95	9693
2000	9,5	616	92	9132
4000	7,7	553	91	9316
Média	7,8	570	92	9409
CV %	44,4	16,8	19,1	7,3
			Fósforo	
0	7,6 ^{ns}	676 ^{ns}	86 ^{ns}	9045 ^{ns}
30	8,0	599	92	9577
60	6,8	626	84	9316
90	7,5	707	93	8952
Média	7,5	652	88	9222
CV %	14,2	10,9	11,3	6,4
			Potássio	
0	7,1[2] ^{ns}	587 ^{ns}	101 ^{ns}	9531 ^{ns}
30	6,9	609	112	9568
60	5,9	525	101	9113
90	6,2	616	112	9358
Média	6,5	584	106	9392
CV %	24,1	10,4	13,9	4,4

[1] Testemunha; ns: não significativo.
[2] Média de 4 repetições.

Tabela 2 - Estatura de planta aos 14 e 29 dias após a emergência em resposta as doses crescentes de potássio, fósforo e calcário utilizados na cultura da soja antecessora. Santa Maria, 2012.

Trat.	DAE	
	14	29
	Puita	Puita
----------calcário----------		
0[1]	11,3[2] ns	37,5 ns
1000	11,3	38,5
2000	12,7	41,1
4000	13,8	40,3
Média	12,3	39,3
----------fósforo----------		
0	10,9[2] ns	37,0 ns
30	11,5	37,2
60	13,2	37,9
90	13,7	37,4
Média	12,3	37,4
----------potássio----------		
0	10,8[2] ns	39,3 ns
30	12,3	40,9
60	14,1	40,8
90	15,6	42,6
Média	13,2	40,9
CV(%)	8,3	7,5

[1] Testemunha; ns: não significativo.
[2] Média de 4 repetições.

Tabela 3- Estande inicial e número de colmos planta^{-1} da cultivar Puitá INTA CL em resposta as doses crescentes de potássio, fósforo e calcário utilizados na cultura da soja antecessora. Santa Maria, 2012.

	Estande Inicial	Colmos planta^{-1}			
		25	35	45	55
		Dias após a emergência			
		--------- potássio -------			
0 [1]	263[2] ns	2,3 ns	2,6 ns	3,5 ns	3,5 ns
30	315	2,2	2,6	3,5	3,7
60	279	2,2	2,7	3,4	3,5
90	288	2,2	2,6	3,5	3,4
Média	286	2,2	2,6	3,4	3,5
CV(%)	12,1	8,8	9,7	8,2	10,1
		---------- fósforo ----------			
0[1]	243[2] ns	2,3 ns	2,7 ns	3,5 ns	3,5 ns
30	290	2,2	2,6	3,4	3,5
60	272	2,2	2,6	3,4	3,5
90	244	2,2	2,6	3,4	3,6
Média	262	2,2	2,6	3,4	3,5
CV(%)	12,8	12,3	11,8	12,3	11,0
		--------- calcário ----------			
0[1]	366[2] ns	2,3 ns	2,7 ns	3,5 ns	3,4 ns
1000	259	2,2	2,7	3,4	3,5
2000	328	2,2	2,6	3,4	3,4
4000	337	2,2	2,6 s	3,3	3,5
Média	322	2,2	2,6	3,4	3,4
CV(%)	12,5	10,3	11,2	9,3	9,6

[1] testemunha; ns: não significativo.
[2] Média de 4 repetições.

Tabela 4- Resultados da análise química do solo para os tratamentos de doses crescentes de potássio, fósforo e calcário, na profundidade de 10 cm, antes da instalação do cultivo do arroz no ano agrícola 2011/12.

Tratamentos	2010/11							
	P	K	pH	Ca	Mg	V[2]	SA	MOS
	mg dm^{-3}			cmolc dm^{-3}			%	
			Potássio					
0	19[1]	38	5,4	4,2	1,6	59,8	10,2	1,5
30	21	40	5,4	4,6	1,9	63,9	8,2	1,7
60	22	57	5,3	4,2	1,6	61,5	9,2	1,5
90	21	72	5,4	3,9	1,6	63,4	9,0	1,6
			Fósforo					
0	15[1]	108	5,2	5,0	2,2	60,3	9,0	1,9
30	17	82	5,1	5,1	2,2	59,8	10,7	1,8
60	19	63	5,1	5,0	2,1	56,8	10,4	1,8
90	30	71	5,1	4,8	2,1	61,5	8,5	1,9
			Calcário					
0	15[1]	71	4,3	2,6	0,9	31,1	31,2	1,8
1000	17	65	4,4	3,0	1,1	35,4	25,5	1,8
2000	19	61	5,0	4,4	1,7	55,6	16,0	1,8
4000	30	65	4,7	3,6	1,3	45,7	19,1	1,7

[1] Média de 4 repetições.
[2] V = Saturação de Bases.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em solos de várzea, a soja é uma cultura de alta adaptabilidade, tornando-se uma interessante alternativa para rotação com a cultura do arroz irrigado. Sendo uma cultura mais responsiva a adubação em relação ao arroz, a soja apresentou efeitos diretos das diferentes doses de adubação, principalmente com o potássio no 2º cultivo, pois o solo apresentava teores baixos deste elemento. O fósforo, apresentando teores considerados adequados e até mesmo altos no solo, não demonstrou respostas significativas à aplicação do adubo fosfatado na soja. A calagem para o primeiro ano não apresentou respostas significativas para a cultura da soja, porém, foram observados efeitos da calagem no segundo ano de cultivo que influenciaram na resposta positiva da produtividade.

Os anos agrícolas de realização dos experimentos, do ponto de vista meteorológico, foram diferentes, principalmente quanto à disponibilidade hídrica. Isso certamente influenciou os resultados obtidos, mesmo a cultura da soja apresentando médias de produtividades consideradas altas, principalmente no segundo ano de cultivo, com melhores distribuições de chuvas. Portanto, a soja necessita de melhores condições de fertilidade no solo para que possa apresentar respostas superiores, principalmente em solos de várzea que muitas vezes se encontram com níveis baixos de fertilidade.

A utilização do sistema de rotação de culturas entre a soja e o arroz irrigado pode trazer benefícios em vários aspectos para ambas as culturas como também para o sistema solo e torna-se uma alternativa positiva para a cultura do arroz irrigado, devido a soja sendo mais responsiva a adubação,

Neste estudo, se observou que as quantidades de calcário em superfície, mesmo sendo expressivas e aplicadas em duas etapas, não foram suficientes para modificações as condições de acidez. Isso pode ter influenciado o efeito nulo da correção de calcário realizada antes da soja.

Novos estudos devem ser realizados, usando maiores doses de calcário e doses complementares no cultivo do arroz, para ajudar a esclarecer lacunas técnicas que existem no manejo da fertilidade da cultura da soja em solos de várzea e seu possível efeito residual para o arroz irrigado. Como também agregar diferentes linhas de pesquisa para buscar novas respostas entre o sistema solo e a fisiologia dos vegetais.