



Sumário

Manejo da palha de azevém, da adubação de base e da água de drenagem na produção de arroz irrigado rendimento do arroz e manejo da irrigação e da palha de azevém no sistema mix de pré-germinado

Cultivares de arroz irrigado e nutrientes na água de drenagem em diferentes sistemas de cultivos

Aplicação de silício em arroz irrigado: efeito nos componentes da produção

Desempenho de genótipos de arroz irrigado cultivados no sistema pré-germinado com inundação contínua

Qualidade da água no consórcio de peixes com arroz irrigado

Análise de coeficiente de trilha para os componentes de produção em arroz

Épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado no sistema convencional de semeadura de arroz irrigado

Produção integrada de arroz irrigado e peixes

Consumo de água e perdas de nutrientes e sedimentos na água de drenagem inicial do arroz irrigado

População de plantas, dose de nitrogênio e aplicação de fungicida na produção de arroz irrigado. II. Qualidade de grãos e sementes

Desempenho do arroz irrigado em resposta à utilização de cianobactérias fixadoras de nitrogênio

Manejo dos fertilizantes fosfatados e potássicos em arroz irrigado no sistema pré-germinado

Manejo da irrigação em cultivares de arroz no sistema pré-germinado



Manutenção da área foliar e produtividade de arroz irrigado com a aplicação de fertilizantes foliares no estádio de emborrachamento

Influência da aplicação de nitrogênio e fungicida no estádio de emborrachamento sobre o desempenho agronômico do arroz irrigado

Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na suscetibilidade do arroz à temperatura baixa na fase reprodutiva

Resposta do arroz irrigado ao uso de inibidor de urease em plantio direto e convencional

Qualidade de grãos de arroz irrigado colhidos com diferentes graus de umidade em função da aplicação de fungicida

Efeito da aplicação de nitrogênio e fungicida no estádio de emborrachamento do arroz na duração e taxa de acúmulo de massa seca dos grãos

Teores de macronutrientes em cultivares de arroz irrigado de acordo com a parte da planta analisada e do estádio de desenvolvimento

Estimativa do teor de nitrogênio em arroz irrigado com o clorofilômetro e a cartela de cores

Manejo da palha de azevém, da adubação de base e da água de drenagem na produção de arroz irrigado¹

Management of ryegrass straw, fertilizer and drainage water, on flooded rice production

Alexandre Swarowsky² Afranio Almir Righes³ Enio Marchezan⁴
Anderson Clayton Rhoden⁵ Ezio Itamar Gubiani⁵

RESUMO

Sistemas com mínimo revolvimento do solo são favoráveis ao controle de plantas daninhas, à utilização mais intensiva dos solos de várzea e à rentabilidade do orizicultor, mas apresentam algumas limitações, como a produção de substâncias que podem ser tóxicas ao arroz, bem como alterações na disponibilidade de nutrientes em ambientes alagados. O trabalho teve como objetivo comparar diferentes sistemas de manejo da palha de azevém, da adubação de base, e da drenagem, no rendimento de grãos de arroz e nos componentes da produção. O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Santa Maria. Foram avaliados três níveis de manejo da resteva de azevém (planta de azevém em pé, planta de azevém incorporada e sem a planta de azevém), três condições de adubação (sem adubação, adubação do arroz 100% aplicada na semeadura do azevém e adubação do arroz 100% aplicada na semeadura do arroz) e dois manejos da água de drenagem (inundação convencional em condições de campo e inundação sem drenagem). Os resultados obtidos permitem concluir que, na cultura do arroz irrigado por inundação, a incorporação da palha de azevém e a aplicação da adubação para o arroz na semeadura do azevém não afetam o rendimento de grãos e os componentes da produção. Entretanto, a ausência de drenagem interna no solo reduz o rendimento de grãos de arroz, o número de panículas e o número de grãos por panícula.

Palavras-chave: drenagem, rendimento de grãos, nutrientes.

ABSTRACT

Cultivation systems with minimum tillage are used to minimize red rice incidence, improving crop yield and the agricultural exploration of lowland soils. However, some limitations are present such as toxic substances due to

anaerobic straw decomposition (prejudicial to rice plant establishment), as well as alterations on some available nutrients under flooded soil water conditions. The objective of this work was to compare different drainage systems; ryegrass straw management and time of fertilizer application on yield and yield components of rice plants. The experiment was conducted at the Federal University of Santa Maria, Rio Grande do Sul State-Brazil. Three ryegrass straw levels (no-tillage with ryegrass were evaluated, ryegrass plant incorporated with rotary tilling and without ryegrass plant), three fertilization conditions (without fertilizer; fertilizer applied at the ryegrass sowing time and fertilizer applied at rice sowing time) and two drainage management (conventional flooded and flooded without drainage). Results demonstrated that yield and yield components of rice production was not affected by fertilizer application at ryegrass sowing or at rice sowing. Meanwhile, deep-water drainage suppression reduces the grain yield and yield components.

Key words: drainage, yield, nutrients.

INTRODUÇÃO

Os sistemas de cultivo sem o preparo do solo para a implantação da cultura do arroz, além de reduzir a incidência do arroz vermelho, aumentam o período em que os animais podem utilizar as pastagens nas várzeas por não necessitar a mobilização do solo. Além disso, na época de semeadura do arroz, têm-se, freqüentemente, dificuldades no preparo do solo devido à ocorrência de chuvas. Dessa forma, práticas alternativas ao sistema convencional, como plantio

¹Parte da dissertação de Mestrado apresentado pelo primeiro autor ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

²Engenheiro Agrônomo, Msc., Professor Assistente, Centro Universitário Franciscano (UNIFRA), Área de Ciências Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, RS. Fone: (55) 217-4888. E-mail: alexandre@UNIFRA.br. Autor para correspondência.

³Engenheiro Agrônomo, PhD, Professor Titular, Departamento de Engenharia Rural, UFSM, 97105-900, Santa Maria, RS.

⁴Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor Titular, Departamento de Fitotecnia, UFSM.

⁵Acadêmico do curso de Agronomia, UFSM. Bolsista do PIBIC/CNPq

direto, cultivo mínimo e mix de pré-germinado, são utilizadas pelos orizicultores para minimizar essas limitações, sendo o sistema “mix de pré-germinado” o resultado da combinação dos sistemas plantio direto e pré-germinado ou cultivo mínimo e pré-germinado (AVILA et al., 1999).

O sistema mix de pré-germinado ainda apresenta restrições de uso pelos agricultores, predominando nas lavouras do Rio Grande do Sul o sistema convencional. MENDT & BRAVERMAN (1995) e AVILA, et al. (2001), trabalhando com o sistema mix de pré-germinado em condições de campo, encontraram problemas no estabelecimento de plântulas de arroz. Orizicultores também têm relatado problemas de emergência de plântulas de arroz e, consequentemente, redução de produção. O aumento na concentração dos produtos oriundos da atividade anaeróbia podem estar relacionados à quantidade de palha da cultura anterior, falta de drenagem interna do perfil e ou estagnação da lâmina de água de irrigação. No sistema mix de pré-germinado, a quantidade de palha da cultura anterior é um fator a ser considerado, principalmente em solos que apresentam camadas praticamente impermeáveis. CAMARGO et al. (1995) relataram que a adição de diferentes quantidades de palha de arroz em um Gleissolo decresce a produção de matéria seca e o rendimento de grãos, provavelmente devido à decomposição anaeróbia da palhada que produz ácidos orgânicos de cadeia curta, que prejudicam o desenvolvimento normal da cultura. Concluíram também que, dos componentes da produção, somente o peso médio de grãos não foi afetado pela adição de palha.

A produtividade das lavouras orizícolas, dentre outros fatores, também depende do nível de fertilidade do solo e da época de aplicação dos fertilizantes. Considerando que a aplicação da adubação nos sistemas plantio direto e mix de pré-germinado não é incorporada, o rebaixamento da lâmina de água para realizar a semeadura poderá provocar perdas de nutrientes. Assim, na tentativa de minimizar o problema, FABRES et al. (1997), estudando o efeito residual da adubação fosfatada do azevém sobre o arroz subsequente não obtiveram resposta do arroz ao P aplicado no azevém, nem ao aplicado no arroz em termos de rendimento de grãos. Segundo os autores, este resultado era esperado tendo em vista os teores de P no solo estarem acima do nível crítico determinado para o arroz irrigado.

RIGHES et al. (2001), trabalhando com solo hidromórfico da unidade de mapeamento “Vacacaí”, em casa de vegetação, relataram que, no manejo da água com lâmina estagnada, 40% das plantas

apresentaram sintomas de amarelecimento com posterior morte. Esse comportamento não ocorreu nos tratamentos com drenagem ou com fluxo de superfície, atribuindo-se à lixiviação dos produtos tóxicos produzidos pela decomposição anaeróbia da palha de azevém nos tratamentos com drenagem ou pela remoção de tais produtos pelo fluxo de superfície. No Rio Grande do Sul, os solos de várzeas apresentam uma camada praticamente impermeável em torno de 1,0 m de profundidade, que reduz a percolação de água no perfil (RIGHES, 1984). Essa característica pedogenética em condições de campo poderá ter um efeito semelhante ao manejo da água com lâmina estagnada em trabalho conduzido em casa de vegetação.

A expansão do sistema mix de pré-germinado ainda depende de resultados que comprovem a sustentabilidade do manejo da água em relação à aplicação de fertilizantes. Assim sendo, o trabalho teve como objetivos: (i) comparar diferentes sistemas de manejo da palha no sistema mix de pré-germinado; (ii) comparar diferentes épocas de aplicação da adubação de base e, (iii) comparar diferentes sistemas de manejo da drenagem, visando obter subsídios para viabilizar alternativas de manejo da cultura do arroz irrigado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Santa Maria, no ano agrícola de 2000/01, em Santa Maria-RS. O solo, classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico arênico (STRECK et al., 1999) unidade de mapeamento Vacacaí, foi sistematizado (com corte e aterro de 0,10m) há três anos a contar da data de instalação do experimento. O resultado da análise de solo da área experimental indicava: pH 4,8; P 7,2mg L⁻¹; K 34mg L⁻¹; Ca 4,6cmol_c L⁻¹; Mg 1,8cmol_c L⁻¹; Fe 495,2mg L⁻¹; Mn 133,4mg L⁻¹, M.O. 1,7% e Zn 2,4mg L⁻¹.

O delineamento estatístico do experimento constituiu-se de um trifatorial com quatro repetições, em parcelas sub-subdivididas. O fator “A” refere-se ao manejo da resteva de azevém nas parcelas principais com área de 24m² (6x4m), o fator “B” refere-se à adubação para o arroz nas sub-parcelas com área de 8m² (4x2m) e o fator “C” refere-se aos níveis de drenagem nas sub-subparcelas com 4m² (2x2m). O fator manejo da resteva de azevém foi realizado em três níveis: (i) planta de azevém em pé; (ii) planta de azevém incorporada; e (iii) sem a planta de azevém. O fator adubação para o arroz corresponde aos níveis: (i) sem adubação; (ii) com adubação do arroz na época da

semeadura do azevém; (iii) com adubação do arroz na época de semeadura do arroz. A dose de fertilizante utilizada foi 200kg ha⁻¹ da fórmula NPK 5-20-20 de acordo com a análise de solo e as recomendações para cultura do arroz irrigado (ARROZ IRRIGADO: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil, 1997). O fator manejo da água de drenagem foi realizado em dois níveis: (i) inundação convencional em condições de campo; e (ii) sem drenagem (em minilisímetro). Os minilisímetros consistiam de caixas plásticas com 0,50 x 0,33 x 0,22m e capacidade de 26 litros que receberam monolitos de solo já cultivados com azevém, recortados da sub-parcela na qual esses foram instalados.

A semeadura do azevém (*Lollium multiflorum*) foi realizada em junho de 2000, com 20kg de sementes ha⁻¹. O azevém foi adubado em todas as parcelas conforme recomendação da COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC (1994).

O tratamento palha incorporada foi realizado com uso de enxada rotativa autopropelida e no tratamento sem a planta de azevém, aplicou-se quinzenalmente o herbicida glyphosate na dosagem de 4 litros do produto comercial ha⁻¹, acrescido de óleo mineral a 5% v/v, através de um pulverizador costal pressurizado com CO₂ para manter a parcela sem vegetação. No tratamento com palha em pé, o azevém foi dessecado (2800 kg ha⁻¹ de matéria seca) dez dias antes da inundação. Em 31 de outubro de 2000 foi aplicada a adubação nas parcelas do tratamento com a adubação de base na época da semeadura do arroz. Devido à ocorrência de chuvas, a semeadura do arroz pré-germinado foi realizada em 26 de novembro de 2000, na densidade de 120kg de sementes ha⁻¹ da cultivar IRGA 419. A pré-germinação das sementes foi realizada conforme metodologia descrita por EPAGRI (1992).

Para evitar variabilidade na determinação do rendimento e componentes de produção nos minilisímetros, em face de menor área de colheita, o número de plantas por caixa foi uniformizado logo após a germinação, mantendo a mesma densidade das parcelas.

A adubação de cobertura com nitrogênio foi realizada, manualmente, utilizando-se uréia, na quantidade de 50kg de N ha⁻¹, sendo 25kg na fase de perfilhamento e o restante na fase de iniciação do primórdio floral.

O rendimento de grãos foi obtido através da colheita manual da área útil das sub-parcelas (3m x 5m) que correspondiam ao tratamento solo Vacacaí em condições de campo. Já no tratamento sem drenagem (minilisímetros) a colheita foi realizada na

caixa e corrigiu-se o valor para kg ha⁻¹. Procedeu-se a determinação da massa de grãos, corrigindo-se para 13% de umidade.

Na colheita, foram determinados: número de panículas por planta, número de grãos por panícula, contando-se o número de grãos formados (espiguetas férteis) e a massa de 1000 grãos. A matéria seca foi obtida cortando-se rente ao solo todas as plantas produzidas, separados os grãos e o material restante seco em estufa a 65°C.

A análise estatística dos dados foi realizada com programa computacional (SOC-SOFTWARE SCIENTIFIC), desenvolvido pelo Núcleo Tecnológico para Informática da Embrapa (Campinas, SP) e pela Universidade Federal de Santa Maria. As médias dos tratamentos foram comparadas aplicando-se o teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa de mil grãos foi a única característica varietal não influenciada por nenhuma das variáveis analisadas. Da mesma forma, MEDEIROS et al. (1996) verificaram que o peso de mil grãos é uma característica varietal muito estável que não é afetada pelo manejo da água de irrigação.

As diferentes épocas da aplicação de fósforo e potássio não afetaram nenhuma característica varietal analisada na cultura do arroz. SIMONETE et al. (1997), avaliando o efeito da adubação potássica no azevém, também não obtiveram resposta significativa em termos de rendimento de matéria seca da parte aérea, mas observaram aumento significativo na acumulação de potássio na planta, que poderá ser disponibilizado para a cultura do arroz. Os resultados são similares aos obtidos por FABRES et al. (1997). Já as demais características analisadas foram influenciadas pelo manejo da água, mas não foram afetados pelos demais tratamentos.

Na tabela 1, observa-se claramente o efeito negativo da ausência da drenagem, tanto no número de panículas por metro quadrado, reduzido em 25,4%, quanto no número de grãos por panícula e, principalmente, na matéria seca, reduzida em 46,5%. A quantidade de espiguetas estéreis na ausência de drenagem também foi alta, superando a 30%. Esse efeito deve-se, provavelmente, à decomposição anaeróbia da matéria orgânica, que produz ácidos de cadeia curta prejudiciais ao estabelecimento da cultura de arroz. Comportamento semelhante foi observado por OLIVEIRA (1993), que o atribuiu à maior concentração de produtos tóxicos na fase inicial da cultura. Da mesma forma PINTO (2001), conduzindo

Tabela 1 - Número de panículas, grãos por panícula, matéria seca e esterilidade de espiguetas na cultura do arroz em função dos níveis de manejo da água de drenagem. Santa Maria, RS, 2002.

Níveis de manejo da água de drenagem	Panículas por m ²	Grãos por panícula	Matéria seca (kg ha ⁻¹)	Esterilidade espiguetas (%)
Condições de campo	611a*	90a	14768a	17b
Sem drenagem	456b	59b	7901b	33a
Média Geral	538	76	11439	25
CV (%)	26,42	43,62	25,38	49,30

*Médias não seguidas de mesma letra minúscula na vertical, apresentam diferença estatística pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro.

experimento em casa de vegetação, verificou que o tratamento com lâmina estagnada reduziu 24% o número médio de panículas por m² e 18% na matéria seca total quando comparado com o manejo da água com drenagem ou com fluxo de superfície.

Pela tabela 2, constata-se que não houve diferença estatística significativa no rendimento de grãos em função do manejo da palha e da época da adubação do arroz. Esse comportamento pode ser atribuído à fertilidade natural do solo, associado ao alto índice pluviométrico que, provavelmente, diluiu parte da concentração dos ácidos orgânicos produzidos pela decomposição anaeróbia da matéria orgânica.

Com o impedimento total do fluxo de água, percebe-se uma redução no rendimento de grãos na ordem de 12%. Esses resultados assemelham-se com os encontrados por PINTO (2001), que obteve redução de 27,3% na média do rendimento de grãos em relação ao manejo com drenagem. Isso, provavelmente, ocorreu devido ao aumento na concentração dos

ácidos alifáticos, principalmente o acético, o fórmico e o butírico que afetam o crescimento de plântulas de arroz, proporcionando redução do crescimento radicular, do consumo de oxigênio nas raízes e até mesmo morte de plântulas (CAMARGO, 1992).

Esse trabalho confirmou a campo o que muitos experimentos conduzidos em laboratório vêm reportando, ou seja, a contribuição dos ácidos orgânicos voláteis na redução do rendimento de grãos do arroz irrigado em diversos sistemas de implantação da lavoura, principalmente em solos muito impermeáveis onde praticamente não há fluxo de água no perfil.

CONCLUSÕES

A ausência da drenagem interna no perfil do solo reduz o rendimento de grãos de arroz, o número de panículas e o número de grãos por panícula. A incorporação ou não da palha de azevém e a aplicação da adubação para o arroz na semeadura do azevém não afeta o rendimento de grãos e os componentes da produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARROZ IRRIGADO: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. 4.ed. rev. e atual. Itajaí : EPAGRI/EMBRAPA-CPACT/IRGA, 1997. 80p.

AVILA, L.A. et al. Evolução do banco de semente de arroz vermelho em diferentes sistemas de utilização do solo de várzea. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas. *Anais...* Pelotas : Embrapa Clima Temperado, 1999. p.590-593.

AVILA, L.A. et al. Estabelecimento do arroz irrigado com sementes pré-germinadas sobre área com azevém (*Lolium multiflorum* Lam). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre : IRGA, 2001. p.203-206.

Tabela 2 - Rendimento de grãos de arroz irrigado influenciado pelo manejo da resteva de azevém, da adubação de base e do manejo da água de drenagem. Santa Maria, RS, 2002.

Tratamentos	Rendimento (kg ha ⁻¹)
Resteva do Azevém	Palha em pé 6792a*
	Palha incorporada 6629a
	Sem palha 7035a
Adubação de Base	Sem adubo 6582a
	Adubação no arroz 7088a
Drenagem	Adubação no azevém 6781a
	Com drenagem 7215a
	Sem drenagem 6361b
Média	6813
CV (%)	15

*Médias não seguidas de mesma letra minúscula na vertical, apresentam diferença estatística pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro.

- CAMARGO, F.A.O. **Caracterização da ação fitotóxica de ácidos orgânicos voláteis sobre a cultura do arroz.** 1992. 126f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- CAMARGO, F.A.O. et al. Incorporação de palha de arroz em um gleissolo e efeitos no rendimento da cultura do arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.7, p.983-987, 1995.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** 3.ed. Passo Fundo : SBCS-Núcleo Regional, 1994. 224p.
- EPAGRI. **Arroz Irrigado:** recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Florianópolis : EPAGRI, 1992. 79p.
- FABRES, R. T.; VAHL, L. C.; SIMONETE, M. A. Efeito residual da adubação fosfatada do azevém sobre o arroz subseqüente. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: EPAGRI/IRGA/EMBRAPA-CPACT, 1997. p.234-236.
- MEDEIROS, R.D. et al. Efeitos do manejo de água e sistemas de controle químico de plantas daninhas em arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado. **Lavoura Arrozeira**, v.49, n.426, p.10-15, 1996.
- MENDT, R.D.; BRAVERMAN, M.P. Influence of weed biomass, tillage, and rice seedling rates on non-till water seeded rice (*Oryza sativa* L.). **Annual Research Report**, v.87, p.333-336, 1995. (Rice Research Station, Crowley, Louisiana).
- PINTO, E.G. **Manejo da irrigação e da palha de azevém na cultura do arroz irrigado no sistema mix de pré-germinado.** 2001. 103p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria.
- RIGHES, A.A. Irrigação e drenagem em várzeas. In: SIMPÓSIO SOBRE ALTERNATIVAS AO SISTEMA TRADICIONAL DE UTILIZAÇÃO DAS VÁRZEAS DO RS, 1., 1984, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre : Próvárzeas Nacional, 1984. p.129-151.
- RIGHES, A.A. et al. Potencial redox, pH e concentração de nutrientes na cultura do arroz no sistema mix de pré-germinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu : SBEA, 2001. CD-ROM.
- SIMONETE, M.A. et al. Efeito residual da adubação potássica do azevém sobre o arroz subseqüente. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí : EPAGRI/IRGA/EMBRAPA-CPACT, 1997. p.228-230.
- STRECK, E.V.; KAMPF, N.; KLAMT, E. Atualização da classificação taxonômica das unidades de mapeamento do levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul. **Informativo EMATER**, v.16, n.9, p.1-5, 1999.

Rendimento do arroz e manejo da irrigação e da palha de azevém no sistema mix de pré-germinado¹

Rice yield and management of irrigation and ryegrass straw on flooded rice in no tillage and water seed system

Eduardo González Pinto² Afranio Almir Righes³ Enio Marchezan⁴

RESUMO

A incidência de arroz vermelho na cultura do arroz irrigado tem praticamente inviabilizado o cultivo em muitas áreas do Rio Grande do Sul, destacando-se como um dos principais entraves ao aumento da produtividade. Uma alternativa para minimizar o problema é o sistema mix de pré-germinado, que consiste em utilizar sementes pré-germinadas em área com vegetação dessecada e previamente inundada. O sistema apresenta vantagens técnicas e económicas na cadeia de produção. Entretanto, a decomposição anaeróbica da palha presente na área, após o alagamento, pode provocar a formação de substâncias tóxicas afetando o estabelecimento das plântulas. Este trabalho teve como objetivo determinar o efeito do manejo da água de irrigação e das quantidades de palha de azevém no rendimento de grãos e componentes de produção do arroz irrigado no sistema mix de pré-germinado. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no ano agrícola 1998/99, em PLANOSOLO HIDROMÓRFICO Eutrófico arênico, pertencente à unidade de mapeamento Vacacai, na Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria. - RS, utilizando-se a cultivar IRGA 417, em resteva de azevém. Os tratamentos foram avaliados em delineamento inteiramente casualizado, no arranjo fatorial (3x3), com dois fatores: (i) manejo da água em três níveis (lâmina estagnada, com drenagem e com fluxo de superfície) e (ii) palha de azevém em três quantidades (0,00 t ha⁻¹, 3,43 t ha⁻¹ e 6,86 t ha⁻¹). Os resultados evidenciam que, no sistema mix de pré-germinado, mantendo-se uma lâmina estagnada sobre o solo, reduz-se a massa seca total e o rendimento de grãos de arroz em relação ao manejo da água com drenagem e com fluxo de superfície.

O aumento na quantidade de palha de azevém na cultura do arroz no sistema de cultivo mix de pré-germinado, sem fluxo de água em superfície ou drenagem, reduz o rendimento de grãos.

Palavras-chave: água, sistema de cultivo, drenagem.

ABSTRACT

The incidence of red rice on flooded rice production is a limiting factor in many agricultural areas, when high productivity is the objective. Alternative system of crop cultivation using no tillage on flooded water seed system can be used to minimize the problem. Although this system has technical and economical advantages on the production chain, especially on red rice control, anaerobic process of ryegrass straw decomposition may produce toxic substances to rice plants establishment. The objective of this work was to evaluate the effect of different water irrigation management and the amount of ryegrass straw on grain yield and yield components on paddy rice cultivated. The experiment was conducted in greenhouse, during the 1998/99 crop growing season, on Hidromorphy Planosol, sandy Eutrophic, soil mapping unit "Vacacai", over ryegrass crop residue at the Federal University of Santa Maria, Santa Maria, RS. The rice cultivar IRGA 417 was used. A completely randomized design factorial (3x3), three water management (with neither vertical nor surface in-out water flow over the soil, with drainage and surface water flow) and three amount of ryegrass straw (0.0 t ha⁻¹, 3.43 t ha⁻¹ and 6.86 t ha⁻¹). The data demonstrated that a permanent flooding with neither vertical nor surface in-out water flow reduce dry matter

¹ Parte da Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola apresentada pelo primeiro autor no programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

² Engenheiro Agrônomo, Mestre em Engenharia Agrícola.

³ Engenheiro Agrônomo, PhD., Professor Titular do Departamento Engenharia Rural, UFSM, 97105-900, Santa Maria, RS. E-mail: righes@ccr.ufsm.br Autor para correspondência.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor Titular, Departamento de Fitotecnia, UFSM.

above ground and grain yield when compared to the treatments with drainage and surface in-out water flow. Increasing the amount of ryegrass straw on the no-tillage water seed system, with neither vertical nor surface in-out water flow, on the flooded water the grain yield is reduced.

Key words: *water, crop system, drainage, grain yield.*

INTRODUÇÃO

O arroz é cultivado em praticamente todo o mundo e a previsão de produção mundial para a colheita 2000/2001 situa-se ao redor de 591 milhões de toneladas (AGRINUAL, 2001). Segundo a mesma fonte, no ano agrícola 1999/00, o Brasil produziu 9,5 milhões de toneladas de arroz em casca. A incidência de arroz vermelho tem praticamente inviabilizado o cultivo em muitas áreas do Rio Grande do Sul, destacando-se como um dos principais problemas da lavoura orizícola. Uma alternativa pouco conhecida, mas com potencial para minimizar o problema é o cultivo de arroz irrigado no sistema mix de pré-germinado, que consiste em utilizar sementes pré-germinadas, em área com vegetação dessecada e previamente inundada. No entanto, a decomposição anaeróbica da palha presente na área pode provocar a formação de substâncias tóxicas afetando o estabelecimento das plântulas. Segundo PONNAMPERUMA (1965), produtos da redução orgânica podem prejudicar as raízes do arroz por consumir o oxigênio e, também, diretamente, pela intoxicação da planta. Em função do tempo de alagamento, o potencial redox do solo passa de positivo para valores negativos. HITE & CHENG (1996) citam que o potencial redox é tamponado pela redução de óxidos de ferro e é mantido na faixa de +100 a +200mV. Esse tamponamento previne a formação do gás sulfídrico e metano, normalmente encontrado em ambientes alagados. De acordo com CANNELL & LYNCH (1984), a decomposição de resíduos orgânicos sob condições anaeróbias forma substâncias tóxicas, podendo reduzir o número de plantas emergidas e afetar o crescimento das mesmas. Concentrações muito baixas de ácidos alifáticos são citadas como causadoras da morte de plantas (WATANABE, 1984).

A manutenção da inundação na cultura do arroz é imprescindível para obtenção de altos rendimentos de grãos principalmente durante a fase reprodutiva (STONE et al., 1990; FORNASIERI FILHO & FORNASIERI, 1993). Segundo PANDE & MITTRA (1970) e DOTTO et al. (1990), a inundação contínua propicia maior rendimento de grãos, devido à maior absorção de nutrientes e ao controle de plantas daninhas, porém é menos eficiente no uso da água quando comparado com a irrigação por inundação intermitente (BARRETO & ROJAS, 1987).

O presente trabalho, teve como objetivo determinar o efeito da quantidade de palha de azevém e o manejo da água de irrigação no rendimento de grãos e componentes do rendimento do arroz, no sistema mix de pré-germinado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no ano agrícola de 1998/99, na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, localizada na Depressão Central, cujas coordenadas geográficas são 29°41'24" de latitude sul e 53°48'42" de longitude oeste e altitude de 95 m. O solo é classificado como **PLANOSSOLO HIDROMÓFICO** Eutrófico arênico, pertencente à unidade de mapeamento Vacacai (STRECK et al., 1999).

Os tratamentos avaliados corresponderam a três níveis de manejo da água de irrigação: (i) lâmina estagnada (o nível da água nas caixas foi mantido constante com uma lâmina de 5cm); (ii) com drenagem (manteve-se uma lâmina de água sobre a superfície do solo e simulou-se um fluxo de drenagem equivalente à percolação média de 1,3L dia⁻¹, correspondendo a uma lâmina de 10mm dia⁻¹); (iii) com fluxo de superfície (manteve-se uma lâmina de água sobre a superfície do solo e simulou-se um fluxo de superfície equivalente ao valor médio de 1,3L dia⁻¹). Para o fator palha de azevém, utilizaram-se três níveis: 0,00t ha⁻¹; 3,43t ha⁻¹ e 6,86t ha⁻¹. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, no arranjo fatorial 3x3, com nove tratamentos e quatro repetições, totalizando 36 unidades experimentais. As unidades experimentais constituíram-se de 36 caixas de material plástico com capacidade de 26 litros, (22,5cm de altura, 33cm de largura e 50,5cm de comprimento, totalizando 0,1271m² por caixa).

No interior das caixas de plástico, foi colocada uma camada de 2cm de brita e sobre essa, uma manta de bidim (material sintético comercial) a fim de facilitar a drenagem e evitar o entupimento das mangueiras de polietileno que coletavam o fluxo da água de drenagem. Para o preenchimento das caixas, foram coletados monolitos de solo com estrutura não deformada, já com a cultura de azevém estabelecida. A dessecção da cobertura vegetal foi realizada cinco dias antes da inundação da área com 2,4L ha⁻¹ de glifosato. O controle e manejo da irrigação foi realizado através de um reservatório em acrílico, com altura regulável e com válvula bóia para manter o nível de água constante, de forma que pelo princípio dos vasos comunicantes, automaticamente mantivesse sobre o solo uma lâmina de 5cm de água. A adubação e

semeadura foram realizadas em 01/12/98 aos 15 dias após a inundação do solo. Aplicaram-se 150kg ha⁻¹ de adubo da formula 05-20-20. A semeadura do arroz foi realizada manualmente sobre a resteva da palha do azevém, dessecada, na densidade de 130kg sementes ha⁻¹ correspondendo a 60 sementes pré-germinadas por caixa. A pré-germinação das sementes, consistiu em deixá-las imersas em água por um período de 24 horas, seguida de 36 horas fora d'água à sombra. Ao final desse período, as sementes pré-germinadas encontravam-se com o coleóptilo com cerca de 1 a 2mm de comprimento. Utilizou-se a cultivar IRGA 417, com poder germinativo de 83%. No momento da semeadura, reduziu-se a altura da lâmina de água nas caixas para 2cm de altura. A adubação nitrogenada em cobertura, na forma de uréia, foi aplicada no início do perfilhamento e por ocasião da iniciação do primórdio floral na dose 25 kg ha⁻¹ de N em cada fase. Determinações fenométricas: (i) número de plantas por m² determinado aos 10 dias após a emergência das plantas; (ii) estatura de plantas obtida através da medição da distância entre o colo da planta até o ápice da panícula, em 10 plantas por repetição, sendo os resultados expressos em centímetros; (iii) número de panículas por planta obtido pela contagem das panículas nas 36 caixas por ocasião da colheita; (iv) número de grãos por panícula obtido através de uma amostra de 10 panículas por repetição,

contando-se o número de espiguetas férteis; (v) rendimento de grãos estimado a partir da colheita de todas as plantas que se encontravam na caixa; (vi) massa seca total, obtida somando-se a massa seca de colmos, folhas e a produção de grãos por planta, após secagem em estufa a 65 °C com circulação forçada de ar, até obtenção de massa constante.

A análise estatística dos dados foi realizada através do programa computacional (SOC-SOFTWARE SCIENTIFIC), desenvolvido pelo Núcleo Tecnológico para Informática - NETIA/EMBRAPA - Campinas, SP e pela Universidade Federal de Santa Maria - CCR/ Departamento de Fitotecnia, RS, usando-se o teste F para a análise da variância para os fatores qualitativos como manejo da água e, a regressão, para o fator palha (quantitativo). As médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento de grãos reduziu-se à medida que aumentou a quantidade de palha de azevém, relacionando-se através de uma regressão linear decrescente em função da quantidade de palha de azevém (Figura 1), constando o maior rendimento de grãos no tratamento sem palha, atingindo 6.421kg ha⁻¹.

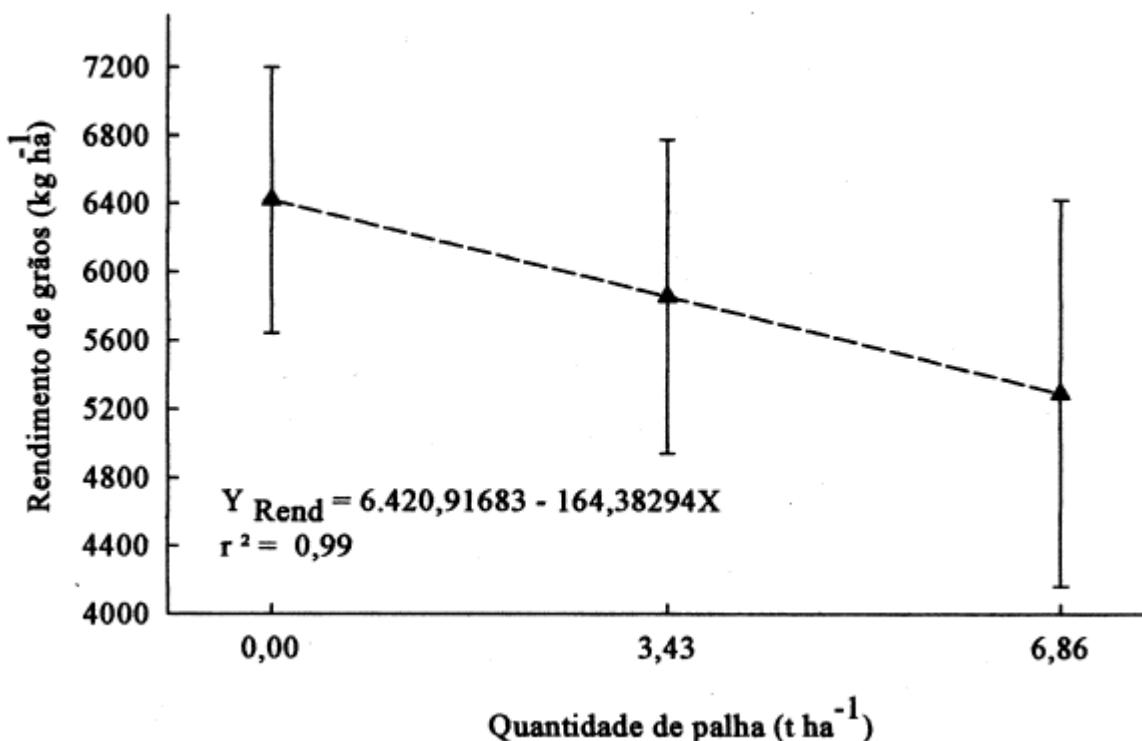


Figura 1 – Rendimento de grãos do arroz “cv. IRGA417”, em kg ha⁻¹, em função das quantidades de palha de azevém no sistema de cultivo mix de pré-germinado. Santa Maria, RS, 2000.

Tabela 1 – Média do rendimento de grãos (kg ha^{-1}), panículas por m^2 , grãos por panícula, estatura de plantas (cm), plantas por m^2 e massa seca total (g m^{-2}), do arroz irrigado em função dos níveis de manejo da água de irrigação no sistema de cultivo mix de pré-germinado. Santa Maria, RS, 2000.

Determinações	Níveis de manejo da água de irrigação			CV ¹ (%)
	Com drenagem	Com fluxo de superfície	Com lâmina estagnada	
Rendimento de grãos (kg ha^{-1})	6.694 a*	6.012 b	4.865 c	9,7
Panículas por m^2	363 a	324 b	261 c	9,6
Grãos por panícula	76 a	76 a	76 a	2,7
Estatura (cm)	74 a	74 a	74 a	1,4
Plantas por m^2	397 a	364 ab	324 b	47,7
Massa seca total (g m^{-2})	1857 a	1770 b	1499 c	4,8

* Médias não seguidas com mesma letra minúscula na linha horizontal apresentam diferenças significativa pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

¹ Coeficiente de variação.

Tratamentos com 3,43 e 6,86t ha^{-1} de palha de azevém provocaram reduções no rendimento de grãos de 8,78 e 17,56% (564 e 1128 kg ha^{-1} , respectivamente em relação ao tratamento sem palha de azevém. Uma das causas da redução do rendimento de grãos em função do aumento da quantidade de palha pode ser a liberação de substâncias tóxicas pela decomposição da palha. Os resultados obtidos estão de acordo com as afirmações de PONNAMPERUMA (1965), CANNELL & LYNCH (1984) e (WATANABE, 1984).

O manejo da irrigação afetou o rendimento de grãos de arroz, constatando maior produtividade no manejo da água com drenagem, seguido pelo fluxo de superfície e o menor rendimento com lâmina estagnada (Tabela 1). O baixo rendimento de grãos no tratamento com lâmina estagnada pode ser atribuído à presença de ácidos orgânicos. Esses ácidos são liberados para a solução do solo quando há decomposição anaeróbia da palha. Este comportamento não foi constatado quando uma lâmina de água de 10 mm percolou pelo solo ou circulou na superfície do solo. Assim, alternativas de manejo da água de irrigação e da quantidade de palha de azevém, (intensificando o pastoreio dos animais antes de inundar o solo para implantar o sistema mix de pré-germinado) são práticas de manejo que podem ser utilizadas para reduzir os possíveis efeitos de substâncias tóxicas produzidas pelo processo de decomposição anaeróbia da palha de azevém, o que possibilita o aumento do rendimento de grãos na cultura do arroz irrigado.

O manejo da água com fluxo de superfície proporcionou rendimento de grãos intermediário entre os manejos da água com drenagem e lâmina estagnada. O tratamento com fluxo de superfície é semelhante ao manejo da água utilizado na inundação contínua, com

água circulando pelos quadros. Conforme PANDE & MITRA (1970); DOTTO et al. (1990); STONE et al. (1990); FORNASIERI FILHO & FORNASIERI (1993) a inundação contínua do arroz irrigado propicia maior rendimento, favorece a absorção de nutrientes e o controle de plantas daninhas. Os mesmos autores concluíram que a inundação contínua na fase reprodutiva propicia maior rendimento de arroz, por favorecer o perfilhamento e a obtenção de um maior número de grãos por panículas, bem como a massa de grãos, sendo menos eficiente no uso da água em comparação com a inundação intermitente, (BARRETO & ROJAS, 1987)

Na tabela 1, constata-se menor número de panículas e menor acúmulo de massa seca no tratamento com lâmina estagnada quando comparado com os tratamentos com drenagem e com fluxo de superfície, refletindo-se no menor rendimento de grãos. Pelos resultados obtidos, constata-se que, para o sistema mix de pré-germinado, o manejo da irrigação e a quantidade de palha de azevém no momento da implantação do arroz são decisivos para a viabilização do sistema. Assim, o manejo da cobertura de azevém para a implantação do sistema pré-germinado, de modo a não impedir o estabelecimento inicial das plântulas, associado ao manejo da irrigação, propiciando bom perfilhamento e produção de massa seca são procedimentos de manejo importantes para alcançar bom potencial de produção de grãos.

O maior rendimento de grãos foi obtido, no tratamento de manejo da irrigação com drenagem interna no solo, como consequência do maior número de plantas estabelecidas, maior massa seca das plantas e maior número de panículas na colheita.

CONCLUSÃO

O cultivo do arroz irrigado no sistema mix de pré-germinado com drenagem de 10 mm de altura de lâmina de água por dia, proporciona maior rendimento de grão.

O aumento na quantidade de palha de azevém, na cultura do arroz irrigado no sistema de cultivo mix de pré-germinado, reduz linearmente o rendimento de grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL 2001. *Anuário da Agricultura Brasileira FND Consultoria e Comércio*. São Paulo, 2001. 545p.
- BARRETO, J.R.R.; ROJAS, P. Manejo de água y nitrogeno en arroz riego en el valle del cuaca. *Acta Agronomica*, Palmira, v.37,n.1, p.22-34, 1987.

- CANNELL, R.Q.; LYNCH J.M. Possible adverse effects of decomposing crop residues on plant growth. In: _____. **Organic matter and rice**. Filipinas : International Rice Research Institute, 1984. p.455-475.
- DOTTO, C.R.D.; RIGHES, A.A.; CARLESSO, R. Consumo de água e produtividade da cultura do arroz sob três sistemas de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 19, 1990, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba : SBEA, 1990. p.396-409.
- FORNASIERI, F.D.; FORNASIERI, J.L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal : FUNEP, 1993. 221p.
- HITE, C.D.; CHENG, S. Spatial characterization of hydrogeochemistry within a constructed fen, Greene County, Ohio. **Ground Water**, v.34 n.3 p.415-424, 1996.
- PANDE, H.K. ; MITTRA, B.N. Response of lowland rice to varying levels of soil, water, and fertility management in different seasons. **Agronomy Journal**, Madison, v. 62, n.2, p.187-189, 1970.
- PONNAMPERUMA, F.M. Dynamic aspects of flooded soils and the nutrition of the rice plant. In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Baltimore, 1964. **The mineral nutrition of the rice plant: Proceedings...** Baltimore : IRRI, 1965. Cap. 18, p.295-328.
- STRECK, E.V.; KAMPF, N.; KLAMT, E. Atualização da classificação taxonômica das unidades de mapeamento do levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul. **Informativo EMATER**, v.16, n.9, p.1-5, 1999.
- STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; SILVEIRA FILHO, A. Manejo de água na cultura do arroz: consumo, ocorrência de plantas daninhas, absorção de nutrientes e características produtivas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25 n.3 p.323-337, 1990.
- WATANABE, I. Anaerobic decomposition of organic matter in flooded rice soils. In: IRRI. **Organic matter and rice research institute**. Filipinas : IRRI, 1984. p.235-258.

Cultivares de arroz irrigado e nutrientes na água de drenagem em diferentes sistemas de cultivos¹

Irrigated rice cultivars and drainnage water nutrient under differnt managements systems

Lauro Weber² Enio Marchezan³ Reimar Carlesso⁴ Victor Marzari⁵

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o rendimento de grãos e componentes do rendimento de quatro cultivares de arroz irrigado submetidas a diferentes sistemas de cultivo, bem como verificar a concentração de nutrientes na água de drenagem inicial dos sistemas. O experimento foi conduzido no ano agrícola 1998/1999 em área de várzea em PLANOSOLO HIDROMÓRFICO Eutrófico areníco na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria (RS). Foram avaliadas quatro cultivares de arroz irrigado (IRGA 417, EL PASO 144, BRS TAIM e EPAGRI 108) em cinco sistemas de cultivo (convencional, cultivo mínimo, pré-germinado, "mix" de pré-germinado e transplante de mudas). O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, esquema bifatorial em parcelas subdivididas, com quatro repetições. A semeadura no sistema convencional e cultivo mínimo foi realizada dia 01 de novembro de 1998 e os sistemas pré-germinado, mix de pré-germinado e transplante de mudas foi realizada dia 18 de novembro de 1998. O rendimento de grãos das cultivares foi influenciado pelos sistemas de cultivo, exceto a EL PASO 144, que apresentou rendimento de grãos semelhante em todos os sistemas. A EPAGRI 108 obteve maior rendimento de grãos com 9.612 kg ha⁻¹sob sistema transplante de

mudas. As cultivares de arroz no sistema pré-germinado e mix de pré-germinado apresentaram maior número de panículas por m² e, no transplante de mudas, maior número de grãos por panícula. Independentemente dos sistemas, a cultivar EL PASO 144 obteve maior número de grãos por panícula, e a EPAGRI 108 maior massa de mil grãos. A concentração total de nutrientes na água de drenagem inicial dos sistemas pré-germinado, mix de pré-germinado e transplante de mudas foram similares, sendo verificada a concentração média de N, P, K, Ca, Mg e Fe de 5,02, 2,06, 10,33, 6,38, 3,51 e 2,56 mg L⁻¹, respectivamente.

Palavras-chave: Arroz irrigado; rendimento; manejo; qualidade da água.

ABSTRACT

The main objective of this experiment was to evaluate seed yield and yield components of four irrigated rice cultivars under different management systems, as well as, to measure the concentration of nutrients in the initial drainage water. The research was conducted during the 1998/99 growing season on a lowland area on a PLANOSOIL located at the Federal University of Santa Maria-RS, Brazil. The rice cultivars

¹Parte da Dissertação de Mestrado do Primeiro Autor Apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

²Engenheiro Agrônomo, Bolsista da CAPES, Aluno Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UFSM. End: Av. João Machado Soares, 1190, Camobi, Santa Maria, RS. E-mail: laurow@bol.com.br. Autor para correspondência.

³Engenheiro Agrônomo, Doutor Bolsista do CNPq, Professor Titular do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), UFSM.

⁴Engenheiro Agrônomo PhD., Bolsista do CNPq, Professor do Departamento de Engenharia Rural, CCR, UFSM.

⁵Aluno do Curso de Agronomia da UFSM, Bolsista do CNPq.

were IRGA 417, EL PASO 144, BRS TAIM and EPAGRI 108. The management systems were: conventional and minimum tillage and pre-germinated and "mix" of pre-germinated and seedlings transplants. The experimental design was a randomized split block with four replications. The conventional and minimum tillage were seeded in November 01st, 1998 and the pre-germinated and mix of pre-germinated and seedlings transplants were established in November 18th, 1998. Seed yield was affected by management system except for the cultivar EL PASO 144 that had the same yield regardless treatments. EPAGRI 108 had the highest average yields, 8349 kg ha⁻¹. The highest number of panicles per square meter was observed in the pre-germinated and mix pre-germinated systems. The transplanted seedlings had the highest number of seeds per panicles. Regardless the management systems, EL PASO 144 presented the highest number of seeds per panicle and EPAGRI 108 the heavier seeds. Nutrient concentration in the initial drainage water was similar in all systems with average N, P, K, Ca, Mg and Fe concentrations of 5.02, 2.06, 10.33, 6.38, 3.51 and 2.56 mg l⁻¹, respectively.

Key words: Irrigated rice, yield, management, water quality.

INTRODUÇÃO

O constante aumento da área de cultivo e do rendimento de grãos do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul (RS) é devido, segundo SOUSA *et al.* (1994), ao lançamento de cultivares mais produtivas e ao aprimoramento de técnicas no manejo da cultura. Apesar disso, há fatores restritivos a maior rentabilidade da orizicultura e, dentre desses, cita-se o arroz vermelho que afeta o rendimento de grãos e a qualidade do arroz colhido (MARCHEZAN, 1994), que segundo GOMES *et al.* (1990), é responsável pela redução de cerca de 20% na produção de arroz do Estado. Em função disso, os orizicultores estão buscando novas alternativas, como por exemplo, a utilização de sistemas de cultivo para o arroz irrigado que reduzam a incidência de inços.

Dentre os sistemas de cultivo, o sistema convencional se caracteriza pelo excessivo número de operações de preparo do solo, sendo essas operações realizadas muito próximas da época da semeadura do arroz, provocando, em muitos anos, atraso no estabelecimento da lavoura. Por outro lado, o cultivo mínimo é realizado através de operações de preparo do solo no final do inverno/início da primavera, e antes da semeadura, utilizando-se somente a aplicação do herbicida de ação total para eliminar plantas nativas ou cultivadas que cresceram durante esse intervalo de tempo. Outro sistema que está sendo utilizado é o sistema pré-germinado, o qual possibilita a redução no uso de herbicidas para o controle de plantas invasoras, sendo o preparo do solo e aplainamento da superfície execu-

tados sob condições de solo saturado e a semeadura do arroz é realizada com semente pré-germinada em lâmina de água (EPAGRI, 1992). Outro sistema é mix de pré-germinado, o qual é realizado através da semeadura do arroz com semente pré-germinada em lâmina de água, sendo o preparo do solo executado conforme o cultivo mínimo descrito anteriormente (ÁVILA *et al.*, 1999). Também, pode-se implantar a lavoura de arroz através do transplante de mudas, onde o solo é preparado de modo idêntico ao sistema pré-germinado e as mudas são produzidas em caixas ou canteiros e transferidas para o local definitivo ao atingirem estatura em torno de 15cm (SHARMA *et al.*, 1988).

Relacionando-se o manejo da água de irrigação do sistema convencional e cultivo mínimo, observa-se que é semelhante, pois nos dois sistemas, a irrigação deve ser iniciada de 20 a 30 dias após a emergência das plântulas e durante esse período, se necessário, realiza-se irrigação-drenagem para auxiliar na emergência das plântulas. Quanto aos sistemas pré-germinado, mix de pré-germinado e transplante de mudas, a irrigação começa em torno de 20 dias antes da semeadura, sendo realizado a drenagem dessa água um dia antes do transplante das mudas e para o sistema pré-germinado e mix de pré-germinado ao redor de três dias após a semeadura.

O volume de água usualmente drenado de uma área cultivada com arroz irrigado por inundação, considerando-se uma lâmina média de 10 cm de altura, fica em aproximadamente 1.000 m³ ha⁻¹. Esta drenagem é prejudicial tanto para a rentabilidade do setor orizícola, quanto ao ambiente, pois, além da perda de água, pode-se contaminar os mananciais com nutrientes minerais e pesticidas (LICHENBERG & SHAPIRO, 1997). Segundo a Portaria 05/89 da Secretaria da Saúde e Meio Ambiente (SSMA) do RS (1989) que dispõe sobre os critérios e padrões de efluentes líquidos para serem observados por todas as fontes poluidoras que lancem seus efluentes nos corpos de água do RS, a concentração máxima permitida de nitrogênio total, fósforo total, carbonato de cálcio e ferro é de 10, 01, 200 e 10 mg l⁻¹, respectivamente. Neste aspecto, VAN DER MOLEN *et al.* (1998) afirmam que perdas ambientalmente aceitáveis de fósforo, deveriam situar-se em níveis abaixo de 1 kg ha⁻¹ ano⁻¹. De acordo com GISH & SADEGHI (1993), a drenagem, quando necessária, deve vir acompanhada de estratégias de controle dos produtos químicos utilizados pela agricultura, sendo que a não realização de drenagem no mínimo de 30 dias após a aplicação de qualquer pesticida é uma das formas de minimizar o problema.

O aspecto principal a ser considerado para viabilizar a mudança de sistemas de cultivo é o rendimento de grãos do arroz irrigado. Na comparação entre sistemas de cultivo que realizam a semeadura em solo seco ou solo inundado, ou ainda na forma de transplante de mudas, TASCÓN (1985) cita que o rendimento de grãos do arroz não difere significativamente entre os sistemas. Já DE DATTA & KERIM (1974) verificaram que o rendimento de grãos do arroz irrigado é superior quando estabelecido no sistema transplante de mudas comparado ao arroz no sistema pré-germinado. Quanto aos componentes do rendimento, o arroz no sistema pré-germinado obtém maior número de panículas por m² e baixo número de grãos por panícula (DE DATTA et al., 1988), menor número de espiguetas e maior percentagem de grãos inteiros (BHUIYAN et al., 1995), na comparação com o sistema transplante de mudas. ROSSO et al. (1997) citam que as cultivares modernas, as quais apresentam porte baixo, alto potencial de perfilhamento, criadas a partir da década de 60, foram desenvolvidas para o sistema convencional e apresentam restrição em expressar o potencial produtivo em outro sistema de cultivo.

A cultivar IRGA 417 abrange em torno de 30% da área cultivada com arroz irrigado no Estado, a EL PASO 144 uma das mais utilizadas na América Latina, a BRS TAIM é de boa aceitação na região central do Estado e a EPAGRI 108 foi desenvolvida por programa de melhoramento dentro do sistema pré-germinado e com bom potencial de aumento de área de utilização pelos orizicultores do Estado.

Assim, este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o rendimento de grãos e os componentes do rendimento de quatro cultivares de arroz irrigado (IRGA 417, EL PASO 144, BRS TAIM e EPAGRI 108) em cinco sistemas de cultivo (convencional, cultivo mínimo, pré-germinado, "mix" de pré-germinado e transplante de mudas), bem como verificar a concentração de nutrientes na água de drenagem dos sistemas de cultivo pré-germinado, mix de pré-germinado e transplante de mudas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área de várzea do Departamento de Fitotecnia na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria/RS, no ano agrícola 1998/99. O solo é classificado como PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO Eutrófico arênico. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, bifatorial em parcelas subdivididas, com quatro repetições. O experimento constituiu-se de cinco sistemas

de cultivo (sistema convencional, cultivo mínimo, pré-germinado, "mix" de pré-germinado e transplante de mudas) e quatro cultivares de arroz irrigado (IRGA 417, EL PASO 144, BRS TAIM e EPAGRI 108). Os sistemas de cultivo foram alocados nas parcelas principais de 16m x 10m, e as cultivares constituíram as sub-parcelas de 4m x 10m. A área útil para estimar o rendimento de grãos do arroz foi de 3,0m x 5,0m, localizada no centro de cada parcela. Na área, durante o período de inverno, foi semeado azevém (*Lolium multiflorum*) para a cobertura do solo.

O preparo do solo para o sistema convencional, pré-germinado e transplante de mudas, foi realizado com equipamento tratorizado e com enxada rotativa. Após, realizou-se a construção das taipas para a separação da irrigação de cada parcela. O aplainamento da superfície do solo para o sistema pré-germinado e transplante de mudas foi realizado com lâmina de água, objetivando a formação do lodo. Para o cultivo mínimo (10 dias antes da semeadura) e mix de pré-germinado (10 dias antes da entrada de água), fez-se a dessecação do azevém com o herbicida glyphosate (1.920g i.a. ha⁻¹). A semeadura do arroz no sistema convencional e cultivo mínimo foi realizada em 01 de novembro de 1998, no espaçamento de 0,18m entre linhas e densidade de 180kg de sementes ha⁻¹, realizado com uma semeadora-adubadora SHM de 11 linhas. A semeadura nos sistemas pré-germinado e mix de pré-germinado foi realizada manualmente, com sementes pré-germinadas, no dia 18 de novembro de 1998, densidade de 130kg de semente ha⁻¹. Para o estabelecimento do sistema transplante de mudas, primeiramente, fez-se a semeadura do arroz em caixas de madeira com dimensão de 26cm x 58cm x 5cm, as quais continham 2,0cm de terra seca e peneirada. Posteriormente, realizou-se o transplante das mudas, manualmente, quando estas se apresentavam com altura média de 15cm, sendo colocadas 2 a 3 mudas por cova, distanciadas de 20cm x 25cm.

A adubação de base foi realizada com fertilizante formulado na quantidade de 10 kg N ha⁻¹, 40kg de P₂O₅ ha⁻¹ e 40kg de K₂O ha⁻¹, conforme análise do solo e seguindo-se recomendação do manual de Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil, 1999. No sistema convencional e cultivo mínimo, o fertilizante foi incorporado em torno de 5,0cm de profundidade pelo equipamento de semeadura. Para o sistema pré-germinado, mix de pré-germinado e transplante de mudas, o fertilizante foi aplicado manualmente três dias antes da semeadura e/ou transplante das mudas sobre a lâmina de água. O nitrogênio em cobertura foi realizado manualmente, utilizando-se uréia, na quanti-

dade de 70kg de N ha⁻¹, sendo 30kg no início do perfilhamento, em torno de 20 dias após a emergência das plântulas (DAE) e 40kg na iniciação do primôrdio floral, aproximadamente 60 DAE. O controle de plantas daninhas foi realizado com herbicida Quinclorac (0,375kg i.a.ha⁻¹)+ pyrazosulfuron-etyl (0,0020kg i.a.ha⁻¹) aos 16 DAE.

O rendimento de grãos foi determinado pela colheita manual das plantas da área útil, as quais foram trilhadas, separando-se os grãos da palha e, procedeu-se pesagem dos grãos, corrigindo-se a umidade para 13%. Para a determinação dos componentes do rendimento foram colhidas, aleatoriamente, dez panículas por parcela, contando-se o número de grãos por panícula. O número de panículas por m² da cultura do arroz foi realizado através da contagem das panículas na fase final da floração. A massa de mil grãos foi realizada a partir de quatro amostras de 100 grãos por parcela.

O manejo da água de irrigação foi realizado de acordo com as peculiaridades de cada sistema, sendo que, no sistema convencional e cultivo mínimo, a irrigação foi iniciada aos 18 DAE, mantendo-se lâmina aproximada de 10cm de altura e a água não foi drenada até a colheita. No sistema pré-germinado, mix de pré-germinado e transplante de mudas as parcelas foram inundadas 13 dias antes da semeadura e/ou transplante, sendo realizada a drenagem da água um dia antes do transplante e no sistema pré-germinado e mix de pré-germinado a água foi drenada da área três dias após a semeadura.

A drenagem da água foi realizada abrindo-se um pequeno dreno (canal) na taipa de cada parcela e com auxílio de um bequer fez-se a coleta de subamostras de água, durante todo o período de duração da drenagem, de modo que integrasse água presente na superfície, na parte média e inferior da lâmina de água, completando em torno de um litro. Posteriormente, procedeu-se a análise química da água no laboratório de rotina do Departamento de Solos da UFSM, onde determinou-se a concentração total de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e ferro.

Os resultados foram submetidos a análise estatística, utilizando-se o programa Software Scientific (SOC – EMBRAPA, 1989). As médias foram comparadas entre si pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de rendimento de grãos e massa de mil grãos (Tabela 1) apresentaram interação

significativa entre sistemas x cultivares, enquanto que o número de grãos por panícula somente foi significativo para sistemas e cultivares, e o número de panículas por m² a análise indicou diferença entre os sistemas de cultivo.

O rendimento de grãos e massa de mil grãos das quatro cultivares de arroz são apresentados na tabela 1. As cultivares EPAGRI 108 e EL PASO 144 apresentaram maior rendimento de grãos em todos os sistemas, exceto o rendimento da EL PASO 144 no transplante de mudas que foi inferior a EPAGRI 108, e no sistema pré-germinado, a IRGA 417 apresentou rendimento de grãos semelhante a EL PASO 144 e EPAGRI 108. Este comportamento é importante para tomada de decisão na escolha de cultivares no planejamento da propriedade, pois, dependendo do sistema de cultivo a ser utilizado, escolhe-se a cultivar mais adaptada a cada sistema. A cultivar EL PASO 144 demonstrou melhor regularidade de rendimento de grãos pelo fato de não sofrer interferência dos distintos sistemas de cultivo.

A cultivar EPAGRI 108 apresentou maior rendimento de grãos no sistema transplante de mudas (9.612kg ha⁻¹). Isto pode ter ocorrido devido ao maior ciclo vegetativo desta cultivar. Conforme DINGKHUN et al. (1991), cultivares de ciclo longo, apresentam maior rendimento de grãos no sistema transplante de mudas, devido ao maior período hábil para a recuperação pelas plantas do estresse sofrido por ocasião do transplante, enquanto que cultivares de ciclo curto e/ou médio não conseguem total recuperação desse estresse. As cultivares de arroz expressaram maior rendimento de grãos, quando submetidas ao sistema transplante de mudas, devido às plantas de arroz neste sistema, estarem melhor distribuídas na área, ocupando assim melhor o espaço físico, reduzindo a concorrência entre plantas por luz e nutrientes.

Outro fator explicativo para o maior rendimento de grãos da cultivar EPAGRI 108 está diretamente relacionado à massa de mil grãos e isto pode ser observado na tabela 1. Em todos os sistemas de cultivo, esta cultivar apresentou superior massa de mil grãos em relação as demais, com exceção no sistema mix de pré-germinado, onde há uma semelhança com as cultivares IRGA 417 e BRS TAIM. As cultivares IRGA 417 e BRS TAIM não sofreram influência dos sistemas de cultivo sobre a massa de mil grãos, demonstrando regularidade de massa em todos os sistemas, enquanto que a EL PASO 144 foi superior no cultivo mínimo e convencional e nestes sendo diferentes dos demais. A EPAGRI 108 foi a cultivar com maior desuniformidade de massa de grãos, sendo no cultivo mínimo a maior

Tabela 1 - Rendimento de grãos (kg ha^{-1}) e massa de mil grãos (g) das cultivares de arroz irrigado em diferentes sistemas de cultivo. Santa Maria, RS. 2000.

Sistemas	Cultivares de arroz irrigado				Médias
	IRGA 417	EL PASO 144	BRS TAIM	EPAGRI 108	
Rendimento de grãos					
Convencional	*B 6.840 b	A 8.297 a	B 6.962 abc	A 8.675 b	7.694
Cultivo mínimo	B 6.150 b	A 7.615 a	B 6.705 bc	A 8.192 bc	7.165
Pré-germinado	AB 7.850 a	A 8.105 a	B 7.195 ab	AB 7.617 c	7.692
Mix de pré-germinado	B 6.850 b	A 7.622 a	B 6.388 c	A 7.647 c	7.127
Transplante de mudas	B 8.447 a	BC 8.007 a	C 7.595 a	A 9.612 a	8.415
Médias	7.227	7.929	6.969	8.349	7.618
CV (%)	6,6				
Massa mil grãos					
Convencional	B 25,95 a*	B 26,70 a	B 26,08 a	A 29,49 a	27,05
Cultivo mínimo	B 26,92 a	B 26,90 a	B 26,26 a	A 30,07 a	27,54
Pré-germinado	B 25,97 a	C 24,45 b	B 26,28 a	A 28,97 ab	26,42
Mix de pré-germinado	AB 26,26 a	B 24,99 b	AB 26,31 a	A 26,85 c	26,10
Transplante de mudas	B 25,60 a	B 24,25 b	B 24,86 a	A 27,86 bc	25,64
Médias	26,14	25,46	25,96	28,65	26,55
CV (%)	3,5				

*Médias antecedidas de letra maiúscula diferente na linha e seguidas de letra minúscula diferente na coluna, diferem entre si pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro.

massa e no mix de pré-germinado, a menor. Esta característica pode, em parte, também, explicar o menor rendimento de grãos desta cultivar quando submetida aos sistemas de cultivo pré-germinado e mix de pré-germinado.

O resultado das médias do número de grãos por panícula e o número de panículas por m^2 das quatro cultivares de arroz nos diferentes sistemas de cultivo são apresentados na tabela 2. Observa-se que as cultivares sob sistema transplante de mudas apresentaram menor número de panículas por m^2 , e isto é devido ao pequeno número de plantas por unidade de área, o que é característica deste sistema. Por outro lado, as cultivares de arroz, no sistema transplante de mudas, apresentaram maior número de grãos por panícula, demonstrando a compensação dos componentes do rendimento nesse sistema, sendo este componente do rendimento, o principal responsável para que as cultivares obtivessem maior rendimento de grãos no sistema transplante de mudas.

As cultivares sob sistema convencional, cultivo mínimo, pré-germinado e mix de pré-germinado apresentaram semelhante número de grãos por panícula, mas o número de panículas por m^2 foi superior nos sistemas pré-germinado e mix de pré-germinado.

Na comparação do número de grãos por panícula entre as cultivares, observa-se que a cultivar EL PASO 144 obteve 26, 21 e 16% maior número de

grãos por panícula em relação às cultivares IRGA 417, BRS TAIM e EPAGRI 108, respectivamente. Quanto ao número de panículas por m^2 as cultivares apresentaram semelhança entre si.

As diferenças encontradas no número de panículas por m^2 , no número de grãos por panícula,

Tabela 2 – Médias do número de grãos/panícula e panículas/ m^2 das cultivares de arroz irrigado em diferentes sistemas de cultivo. Santa Maria, RS. 2000.

Sistemas	Grãos/panícula	Panículas/ m^2
Convencional	69 b*	532 b
Cultivo mínimo	72 b	497 b
Pré-germinado	65 b	647 a
Mix de pré-germinado	76 b	630 a
Transplante de mudas	95 a	372 c
Cultivares		
IRGA 417	69 b	562 ^{ns}
EL PASO 144	87 a	506
BRS TAIM	72 b	558
EPAGRI 108	75 b	518
Médias	75,5	536
CV (%)	13,6	22,8

*Médias seguidas de letra minúscula diferente na coluna, diferem entre si pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro.

^{ns}Não significativo pelo Teste F em nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 3 – Concentração total dos nutrientes (mg l⁻¹) nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e ferro na água de drenagem inicial dos sistemas de cultivo de arroz irrigado. Santa Maria, RS. 2000.

Sistemas	N	P	K	Ca	Mg	Fe
Concentração (mg l ⁻¹)						
Pré-germinado	4,98 ^{ns}	1,90 ^{ns}	11,05 ^{ns}	6,37 ^{ns}	3,64 ^{ns}	2,43 ^{ns}
Mix de pré-germinado	5,33	2,12	9,60	6,40	3,36	2,86
Transplante de mudas	4,76	2,16	10,35	6,37	3,52	2,39
Médias	5,02	2,06	10,33	6,38	3,51	2,56
CV (%)	20,0	20,2	35,7	28,5	33,2	18,8

^{ns} Não significativo pelo Teste F em nível de 5% de probabilidade de erro.

massa de mil grãos e rendimento de grãos nos diferentes sistemas, podem ser atribuídos à adaptação de cada cultivar, às condições edafoclimáticas do local, ano de cultivo, e ainda, ao manejo adotado para a cultura e peculiaridades de cada sistema. Estas constatações são importantes para o planejamento agrícola, onde os orizicultores podem lançar mão de diferentes sistemas de cultivo para o estabelecimento da cultura, podendo dessa forma, maximizar e racionalizar a utilização de máquinas e mão-de-obra.

O experimento mostrou, também, que as cultivares de arroz irrigado disponíveis no mercado, são de alto potencial de rendimento de grãos, o que proporciona, conjuntamente com os sistemas de cultivo, flexibilidade e sustentabilidade da atividade orizícola no Estado.

Os valores da concentração total de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e ferro da análise da água de drenagem inicial nos sistemas de cultivo pré-germinado, mix de pré-germinado e transplante de mudas são apresentados na tabela 3. Não se observou diferença significativa entre sistemas de cultivo para os elementos avaliados. A concentração de nitrogênio e fósforo totais na água de drenagem inicial dos sistemas de cultivo podem ser considerados altos para os padrões aceitáveis dos efluentes no RS, principalmente o fósforo total, o qual apresentou concentração média de 2,06 mg l⁻¹ e, o máximo aceitável é de 1,0 mg l⁻¹. O preparo do solo no sistema pré-germinado e transplante de mudas, o qual é realizado antes da semeadura para a incorporação do fertilizante e controle de plantas daninhas, se fosse realizado com pouca intensidade, ou dado tempo necessário para precipitar a maior parte dos sólidos em suspensão, significaria, certamente, redução de perdas de nutrientes por ocasião da drenagem. Enquanto isso, no sistema mix de pré-germinado, o fertilizante aplicado na base não é incorporado, e isto poderia significar maior concentração

dos nutrientes na água de drenagem inicial, mas neste experimento não foi verificado essa hipótese. Assim, a perda de nutrientes via água de drenagem inicial das lavouras pode ser alta e necessita ser reduzida para que a atividade orizícola seja técnica, econômica e ambientalmente sustentável. O manejo da água de irrigação com lâmina contínua durante todo o ciclo da cultura seria uma proposta alternativa. Caso fosse desnecessário realizar a drenagem da lavoura, o ambiente seria menos poluído. Mas, para isso, faz-se necessário avaliar esta proposta em diferentes

condições de clima, solo e, ainda, com cultivares adaptadas a este manejo. Outra alternativa seria aumentar o período entre o preparo final do solo/adubação e a drenagem, possibilitando dessa forma, maior precipitação dos sólidos em suspensão.

CONCLUSÕES

As cultivares EPAGRI 108 e EL PASO 144 são os genótipos de arroz irrigado com maior rendimento de grãos na média dos sistemas de cultivo testados.

O sistema transplante de mudas, sistema convencional e pré-germinado são os sistemas de cultivo que proporcionam maior rendimento de grãos de arroz irrigado.

A água de drenagem inicial dos sistemas pré-germinado, mix de pré-germinado e transplante de mudas, apresentou concentração média de fósforo total de 2,06 mg l⁻¹, o qual está acima dos padrões tolerados pela legislação ambiental do Estado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVILA, L. A., et al. Evolução do banco de semente de arroz vermelho em diferentes sistemas de utilização do solo de várzea. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1., 1999, Pelotas. *Anais...* Pelotas : 1999. p. 590-593.

BHUIYAN, S. I.; SATTAR, M. A.; KHAN, M. A. K. Improving water use efficiency in rice irrigation through wet-seeding. *Irrigation Science*, v. 16, p. 1-8, 1995.

DE DATTA, S. K.; KERIM, M.S.A.A.A. Water and nitrogen economy of rainfed rice as affected by soil puddling. *Soil Science So. Am Journal*, v.38, p.515-517, 1974.

DE DATTA, S. K., et al. Nitroge use efficiency and nitrogen-15 balances in broadcast-seeded flooded and transplanted rice. *Soil Science Soc Am Journal*, v.52, p. 849-855, 1988.

- DINGKUHN, M. et al. Relationships between ripening-phase productivity and crop duration, canopy photosynthesis and senescence in transplanted and direct-seeded lowland rice. *Field Crop Research*, v.26, n.3-4, p.327-345, 1991.
- EPAGRI. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil.** Florianópolis (SC), 1992. 79p.
- GISH, T. J.; SADEGHI, A. Agricultural water quality priorities: A symposium overview. *J Env Quality*, v. 22, n.3, p.389-391, 1993.
- GOMES, A. da S. et al. Plantio com cultivo mínimo em arroz irrigado no RS. In: RENAPA, 1990, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 1990. p.74.
- LICHENBERG, E.; SHAPIRO, L. K. Agriculture and nitrate concentrations in Maryland Community water system wells. *J Env Quality*, v. 26, n. 1, p. 145-152, jan.feb/1997.
- MARCHEZAN, E. Arroz vermelho: caracterização, prejuízos e controle – Revisão bibliográfica. *Ciência Rural*, v.24, n.2, p.415-421, 1994.
- RIO GRANDE DO SUL. Portaria nº 05/89 de 16 de Março de 1989 - SSMA. Norma Técnica que dispõe sobre critérios e efluentes líquidos...**Diário Oficial**, Porto Alegre, 29/03/1989.
- ROSSO, A. F. de et al. Competição de genótipos de arroz irrigado em três sistemas de semeadura. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Baln. Camboriú, SC. **Anais...** Itajaí : EPAGRI, 1997. p.158-161.
- SHARMA, P. K.; DE DATTA, S. K.; REDULLA, C. A. Tillage effects on soil physical properties and wetland rice yield. *Agronomy Journal*, v.80, p.34-39, 1988.
- SOUZA, R. O.; PAULETTO, E. A.; GOMES, A. da S. Sistemas de cultivo de arroz irrigado no RS. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 9., 1994, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1995. v.1, p.151-168.
- TASCÓN, J. E. Requisitos de agua y métodos de riego en el cultivo del arroz. In: TASCÓN J. E. **Arroz: investigación y producción.** Cali, Colombia : CIAT, 1985. p.183-202.
- VAN DER MOLEN, D. T.; BREEUWSMA, A.; BOERS, P. C. M. Agriculture nutrient losses to surface water in the Netherlands. *J Env Quality*, v. 27, p.4-11, 1998.

APLICAÇÃO DE SILÍCIO EM ARROZ IRRIGADO: EFEITO NOS COMPONENTES DA PRODUÇÃO

SILICON APPLICATION ON FLOODED RICE IN PRODUCTION COMPONENTS

Enio Marchezan¹; Silvio Carlos Cazarotto Villa²; Victor Marzari²; Gaspar Henrique Korndörfer³; Fernando Machado do Santos⁴.

RESUMO: Com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de silício no rendimento de grãos, qualidade física dos grãos e ocorrência de doenças em arroz irrigado, conduziu-se um experimento em solo do tipo Planossolo Hidromórfico eutrófico arênico em dois locais, durante três anos agrícolas consecutivos (2000/01, 2001/02 e 2002/03). Foram utilizadas as seguintes doses de silicato de cálcio (21,6% de silício): 0, 1000, 2000, 4000 e 6000 kg ha⁻¹ e uma dose de 2000 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico. Avaliaram-se características das plantas de arroz irrigado: rendimento de grãos, grãos inteiros, número de grãos por panícula, esterilidade de espiguetas, massa de mil grãos, altura de plantas e ocorrência de doenças. Não se observou resposta das doses de silicato de cálcio nos parâmetros agronômicos avaliados, exceto para número de grãos por panícula.

UNITERMOS: Silicato de cálcio, Rendimento de grãos, Doenças em arroz irrigado.

INTRODUÇÃO

A lavoura de arroz se caracteriza pela utilização intensiva de agroquímicos, alguns com o objetivo de elevar a produção como os fertilizantes e outros, cujo propósito principal é a manutenção do potencial produtivo dos cultivares, incluindo-se neste item fungicidas e inseticidas. No entanto, a utilização de insumos cada vez com maior intensidade proporciona, além da elevação dos custos de produção, a possibilidade de contaminação do ambiente. Portanto, o desafio que se impõe é elevar a produtividade das lavouras através de tecnologias que proporcionem menor impacto ambiental, com melhoria da qualidade do produto colhido. Neste sentido, insere-se a utilização de silício em lavoura de arroz, não essencial ao crescimento das plantas, mas considerado como elemento útil, devido a possibilidade de elevar o rendimento de grãos através da redução da ocorrência de doenças (BARBOSA FILHO et al., 2000).

A resistência de plantas de arroz às diversas enfermidades, com a aplicação de silício, tem sido reconhecida (DATNOFF et al., 1990, 1991; DATNOFF; SNYDER; DEREN, 1992, 1997; KORNDÖRFER; DATNOFF; CORRÊA, 1999; OSUNA-CANIZALES; DE DATTA;

BONMAN, 1991; RODRIGUES et al., 2003; SAVANT; SNYDER; DATNOFF, 1996; WINSLOW, 1992; ZAMBOLIN; VENTURA, 1993). O efeito do silício no aumento do rendimento de grãos de arroz pode ocorrer devido a diminuição da incidência de doenças como *Pyricularia sp.*, *Microdochium oryzae*, *Rhizoctonia solani* Kühn e *Dreschlera oryzae*. O silício é depositado na epiderme das folhas como uma fina camada de sílica amorfa (SiO₂.nH₂O), dificultando a instalação de fungos que penetram pela epiderme, diminuindo o uso de fungicidas.

Os mecanismos de defesa mobilizados pelo silício incluem acumulação de lignina, compostos fenólicos e peroxidases, sugerindo que este elemento possa atuar como segundo mensageiro dentro da célula, em caso de distúrbio (EPSTEIN, 1999). A lignina gera uma estrutura capaz de proteger e resistir ao ataque microbiano. Fawe et al. (1998) identificaram uma proteção ativa induzida pelo silício dentro das células vegetais, que em plantas de pepino, o silício inicia uma seqüência de reações que se traduzem em mecanismos bioquímicos de defesa.

De acordo com Korndörfer e Datnoff (1995), solos com intensa utilização, solos altamente intemperizados ou lixiviados e também solos orgânicos, podem apresentar

¹ Engenheiro Agrônomo, Professor Doutor, Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Pesquisador CNPq.

² Engenheiro Agrônomo, aluno do Programa de Pós Graduação em Agronomia da UFSM.

³ Prof. da Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias, Pesquisador CNPq.

⁴ Acadêmico do curso de Agronomia da UFSM, bolsista FAPERGS.

teores baixos de silício disponível às plantas. Assim, é possível respostas à aplicação do elemento para obtenção de altos rendimentos para as culturas. Segundo Barbosa Filho et al. (2000), no Japão, aplica-se anualmente de 0,5 a 1,0 t.ha⁻¹ de silicato de cálcio em cerca de 25% da área cultivada com arroz, embora a quantidade recomendada seja de 1,0 a 2,0 t.ha⁻¹.

No Brasil, Korndörfer; Coelho e Snyder (1999) têm trabalhado com o objetivo de adequar métodos de extração de silício, concluindo que o ácido acético a 0,5 mol L⁻¹ foi o melhor extrator para estimativa de silício disponível no solo para o arroz de sequeiro. Com esta metodologia, Korndörfer et al. (1999) determinaram o nível crítico de silício no solo de 9,8 mg L⁻¹, para atingir 90% da produção máxima de arroz de sequeiro.

Assim, objetivou-se avaliar o efeito de silicato de cálcio como fonte de silício no rendimento de grãos, na quantidade de grãos inteiros e na incidência de doenças em arroz irrigado, em solos com diferentes teores de silício disponível.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante os anos agrícolas de 2000/01, 2001/02 e 2002/03, em solos classificados como Planossolo Hidromórfico eutrófico arênico (STRECK et al., 2002). Os experimentos foram instalados em lavouras comerciais, não sistematizadas, nos municípios de São Sepé (2000/01 e 2002/03) e São Gabriel (2001/02), localizados na Depressão Central e Região da Campanha do Rio Grande do Sul, respectivamente.

Foram coletadas amostras de solo na camada de 0-20cm para avaliação da fertilidade do solo e do silício disponível para as plantas. As análises foram realizadas na Universidade Federal de Uberlândia/MG, utilizando-se o extrator ácido acético 0,5 mol L⁻¹, e encontrou-se 5 mg L⁻¹ para o solo onde realizou-se o experimento em 2000/01 e 2002/03 e 12 mg L⁻¹ onde realizou-se o experimento em 2001/02.

Os experimentos foram conduzidos no delineamento blocos ao acaso com seis tratamentos e seis repetições. Os tratamentos constaram de cinco doses de silicato de cálcio (escória siderúrgica oriunda da empresa Albright & Wilson/EUA; SiO₂ total = 46,3%; Si = 21,6%; Al₂O₃ = 3,1%; Fe₂O₃ = 1,1%; MnO = 0,03%; MgO = 0,6%; CaO = 44%; Na₂O = 0,8%; K₂O = 0,5%; P₂O₅ = 2,1%), sendo elas em kg ha⁻¹: 0 (testemunha), 1000, 2000, 4000, 6000 e um tratamento de calcário dolomítico com 2000 kg ha⁻¹. Utilizou-se o tratamento com calcário para identificar se os possíveis resultados obtidos são em virtude do silício adicionado, ou apenas pelo aumento do pH e cálcio na solução do solo provocado tanto pelo calcário, quanto pelo silicato de cálcio

adicionado. As parcelas mediram 3m x 4m e a área útil para estimativa do rendimento de grãos foi de 2 x 3m. A aplicação dos tratamentos com silicato de cálcio e calcário foi realizado a lanço nos três anos e incorporado com auxílio de enxadas nos anos 2000/01 e 2002/03, logo após a emergência das plântulas de arroz.

Para a adubação de base realizada por ocasião da semeadura do arroz utilizaram-se em kg ha⁻¹, 10 de N, na forma de uréia, 40 de P₂O₅, na forma de superfosfato triplo e 40 de K₂O, na forma de cloreto de potássio. O restante da adubação nitrogenada foi aplicado em cobertura, no início do perfilhamento e por ocasião da diferenciação do primórdio floral, ambas na dose de N de 30 kg ha⁻¹, na forma de uréia.

A cultura foi conduzida em sistema de semeadura convencional em 2000/01 e 2002/03 e em 2001/02 foi implantada no sistema de semeadura direta. Os cultivares utilizados foram IRGA-416, BR-IRGA 409 e IRGA-416 suscetíveis a brusone, para os três anos agrícolas, respectivamente. As plantas de arroz não receberam aplicações de fungicidas, nem mesmo tratamento de sementes, e as plantas invasoras foram controladas em pós-emergência com aplicação da mistura de quinclorac (ia = 375 g ha⁻¹), propanil (ia = 1080 g ha⁻¹) e óleo mineral (0,5% v v⁻¹).

A avaliação de ocorrência de doenças foi realizada próxima à maturação fisiológica dos grãos de arroz. Observou-se severidade de manchas foliares (causada por diversos fungos) nas três últimas folhas das plantas, de acordo com escala descrita pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT (1983), e também a ocorrência de lesões no nó da base da panícula e nas ramificações das panículas, cujas principais foram *Pyricularia grisea* e *Dreschslera oryzae*, também de acordo com a escala acima referida.

O acamamento foi avaliado considerando-se como planta acamada a que apresentava ângulo de inclinação com o solo menor ou igual 45°, segundo a escala de 1 a 5, sendo: 1 – 100% dos colmos eretos; 2 – 75% dos colmos eretos; 3 – 50% dos colmos eretos; 4 – 25% dos colmos eretos; 5 – 0% dos colmos eretos.

A altura de plantas foi determinada por ocasião da floração, medindo-se da base da planta até a extremidade da panícula. Para determinar a esterilidade de espiguetas, o número de espiguetas por panícula e a massa de mil grãos coletaram-se 10 panículas de arroz, ao acaso nas parcelas. O rendimento de grãos do arroz foi estimado através da colheita da área útil das parcelas, quando os grãos apresentavam em torno de 22% de umidade, sendo trilhados, pesados e a massa convertida para 13% de umidade. As amostras foram limpas em uma máquina separadora de impurezas e beneficiadas em uma testadora de amostras de arroz. Os percentuais de grãos inteiros, após o polimento, foram obtidos através da pesagem dos grãos inteiros e dos grãos quebrados, separadamente.

Os resultados foram submetidos à análise conjunta e as médias comparadas pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro, sendo que todos os valores em percentagem foram transformados para

$$Y'_{ijk} = \sqrt{Y_{ijk}}$$

antes de serem submetidos à análise estatística.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise da variância apresentam valores significativos para todas as variáveis estudadas, ou seja, a heterogeneidade dos ambientes foi devida a alterações de locais e cultivares. Apesar dos ambientes serem heterogêneos, isto não resultou em interação significativa para todas as variáveis, indicando que o desempenho dos tratamentos em todos os ambientes foi similar. Das variáveis testadas somente o número de grãos por panícula obteve efeito significativo para tratamento, não havendo diferença para as demais.

Na Tabela 1, encontram-se as médias dos três anos agrícolas referentes as variáveis estudadas. Para o parâmetro rendimento de grãos não foi verificada resposta a

aplicação de silicato de cálcio e o rendimento médio foi de 6637 kg ha⁻¹. Isto está de acordo com resultados de Silva e Bohnen (2001 e 2003), que trabalharam com aplicação de silício em arroz irrigado em casa-de-vegetação, com solução nutritiva utilizando ou não silício na mesma e não encontraram diferença para o parâmetro rendimento de grãos. Por outro lado, este resultado contrasta com o de vários autores (ANDERSON; JONES; SNYDER, 1987; KORNDÖRFER; COELHO; SNYDER, 1999; MA e TAKAHASHI, 1991; RAHMAN; KAWAMURA; KOYAMA, 1998; SANTOS et al., 2003; SEEBOULD et al., 2000; TAKAHASHI, 1995), que relataram acréscimos de rendimento de grãos com a aplicação de silicato de cálcio. A média de percentagem de grãos inteiros foi de 64%, demonstrando a alta qualidade física do produto final, independente da dose de silício aplicada.

Resultados de esterilidade de espiguetas, bem como massa de mil grãos (Tabela 1), situaram-se em níveis normais para os cultivares, não apresentando diferença entre os tratamentos. Matoh; Murat e Takahashi (1991) e Pershin; Pershima e Ergorina (1995) citaram que a adubação com silício, além de promover o aumento no rendimento de grãos e na massa de mil grãos, diminui a esterilidade de espiguetas.

Tabela 1. Rendimento de grãos (RG), grãos inteiros (GI), número de grãos por panícula (GP), massa de mil grãos (MMG), esterilidade de espiguetas (EE), altura de plantas (AP) e severidade de manchas foliares e incidência de lesões nas panículas em plantas de arroz irrigado submetido a doses de silicato de cálcio e calcário em três anos agrícolas.

Tratamento	RG (kg ha ⁻¹)	GI (%)	GP (nº)	MMG (g)	EE (%)	AP (cm)	Mancha nas folhas			Lesões na panícula		
							00/01	01/02	02/03	00/01	01/02	02/03
Testemunha	6349 ns	64 ns	78 c*	27 ns	8 ns	73 ns	0**	0**	0**	0***	1***	3***
1000 kg ha ⁻¹ de CaSiO ₃	6633	64	78 b c	27	10	73	1	0	0	1	1	3
2000 kg ha ⁻¹ de CaSiO ₃	6649	64	81 a b	27	9	73	1	1	0	1	0	3
4000 kg ha ⁻¹ de CaSiO ₃	6728	64	83 a	27	9	73	0	0	0	0	1	3
6000 kg ha ⁻¹ de CaSiO ₃	6679	63	84 a	27	9	73	0	1	0	0	1	3
2000 kg ha ⁻¹ de calcário	6787	63	83 a	27	9	72	1	1	0	1	0	3
Média	6637	64	81	27	9	73	—	—	—	—	—	—
C.V. (%)	9,3	0,5	12,3	2,5	10,9	2,4	—	—	—	—	—	—

* ns Teste F não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro.

* Na coluna, médias não seguidas da mesma letra, diferem pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro.

** 0 – ausência de lesões; 1 – menos de 1% da área foliar doente; 3 – 1 a 5% da área foliar doente; 5 – 6 a 25% da área foliar doente; 7 – 26 a 50% da área foliar doente; 9 – > 50% da área foliar doente;

*** 0 – ausência de lesões; 1 – poucas ramificações secundárias afetadas; 3 – várias ramificações secundárias afetadas; 5 – base da panícula parcialmente afetada; 7 – base da panícula afetada totalmente com mais de 30% de grãos cheios; 9 – base da panícula afetada totalmente com menos de 30% de grãos cheios.

A altura e o acamamento de plantas não foram influenciados pelos tratamentos, o que condiz com o relatado por Assis et al. (2000) que, trabalhando com limitações nutricionais para a cultura do arroz em solos orgânicos sob inundação, não verificaram diferença no crescimento das plantas de arroz irrigado quando acrescentaram silício à adubação.

Segundo Korndörfer et al. (1999), com teores de silício no solo abaixo de $9,8 \text{ mg L}^{-1}$ extraídos com ácido acético $0,5 \text{ mol L}^{-1}$, é possível esperar resposta em sanidade de plantas e rendimento de grãos da cultura do arroz de sequeiro à aplicação de silício. Como em pelo menos um dos solos (município de São Sepé – 2000/01 e 2002/03) o teor de silício no solo estava abaixo deste valor, esperava-se uma resposta da aplicação deste elemento no solo, o que não se verificou. Isto pode estar relacionado com a forma de aplicação dos tratamentos que foi realizada logo após a emergência das plantas, que pode ter contribuído para a falta de resposta à aplicação dos tratamentos com silicato de cálcio. Em geral, recomenda-se a incorporação do silício ao solo antes da semeadura, o que não foi efetuado no presente experimento devido a este estar instalado em propriedades privadas, dificultando a realização desta prática por motivos logísticos. Em dois anos agrícolas, efetuou-se incorporação superficial, cerca de 10 cm de profundidade. Por outro lado, a irrigação conduzida de forma adequada pode ter proporcionado suficiente disponibilidade de silício às plantas. Isto sugere que para o arroz irrigado, o nível crítico deste elemento no solo possa ser menor do que em condições de cultivo de arroz de sequeiro. A composição química e física dos solos e a condição de alagamento provocam diferentes disponibilidades de silício e com isto respostas diferenciadas da planta. Camargo, Korndörfer e Corrêa (2002), trabalhando com duas classes de solo em condições

de cerrado, relataram que o silício se torna mais disponível às plantas conforme aumenta o teor de argila no solo.

Quanto à ocorrência de doenças, foi observado baixa severidade de mancha das folhas e pequena incidência de *Pyricularia* e *Dreschslera* nas panículas das plantas de arroz. Perruso (2000) verificou que o uso de escória siderúrgica, como fonte de silício, não foi efetiva para proporcionar resistência de cultivares de arroz irrigado à doenças. Berni e Prabhu (2003) e Santos et al. (2003), estudando o efeito de fontes e doses de silício no controle de brusone em folhas de plantas de arroz irrigado, concluíram que algumas fontes de silício disponíveis no Brasil podem reduzir a incidência desta moléstia.

A baixa severidade e/ou incidência de doenças nos experimentos pode ter sido devido à condições climáticas desfavoráveis ao desenvolvimento das mesmas, e também a utilização de manejo adequado de lavoura. A atuação do silício é esperada quando se tem ocorrência significativa de doenças devido a sua principal função estrutural, ou seja, de aumentar a rigidez dos tecidos da planta, dificultando a penetração de esporos fúngicos e fazendo com que haja maior área foliar realizando fotossíntese, o que resulta em melhor nutrição da planta e consequentemente em maior rendimento de grãos (LIMA FILHO; LIMA; TSAI, 1999). Pelo exposto, os relatos sugerem a necessidade de se estabelecer nível crítico de silício para arroz irrigado, em solos sob condições de inundação.

CONCLUSÃO

Em solos de várzea, com teores de silício no solo de 5 a 12 mg L^{-1} não há resposta do arroz irrigado por inundação à aplicação de silício, na forma de silicato de cálcio.

ABSTRACT: With the objective of quantifying the effect of the silicon application on grain yield, physical quality of the grains and occurrence of diseases in flooded rice, an experiment was carried out in a Haplqualf soil in two sites during three agricultural year crops (2000/01, 2001/02 and 2002/03). The following calcium silicate rates were used (21,6% of silicon): 0, 1000, 2000, 4000 and 6000 kg ha^{-1} and an additional treatment of 2000 kg ha^{-1} of dolomitic limestone. Plant characteristics of the flooded rice evaluated were: grain yields, whole grains, number of grains per panicle, sterility spikelet, mass of a thousand grains, plant height and diseases occurrence. The calcium silicate did not show any response on the appraised agronomic parameters, except for number of grains per panicle.

UNITERMS: Calcium silicate, Grain yield, Irrigated rice diseases.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, D. L.; JONES, D. B.; SNYDER, G. H. Response of a rice-sugarcane rotation to calcium silicate slag on Everglades Histosols. *Agronomy Journal*, Madison, v. 79, n. 3, p. 531-535, may/jun.1987.

ASSIS, M. P.; CARVALHO, J. G.; CURI, N.; BERTONI, J. C.; ANDRADE, W. E. B. Limitações nutricionais para a cultura do arroz em solos orgânicos sob inundação. I. Crescimento. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 87-95, jan/mar. 2000.

BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; PRABHU, A. S.; DATNOFF, L. E.; KORNDÖRFER, G. H. Importância do silício para a cultura do arroz (uma revisão de literatura). **Informações Agronômicas**. Piracicaba, n. 89, p. 1-8, mar. 2000. Encarte técnico.

BERNI, R. F.; PRABHU, A. S. Eficiência relativa de fontes de silício no controle de brusone nas folhas em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 195-201, fev. 2003.

CAMARGO, M. S.; KORNDÖRFER, G. H.; CORRÊA, G. F. Características físicas e disponibilidade de silício em solos sob vegetação de cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 9., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 7., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 4., 2002, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Fertibio, 2002. 1 CD-ROOM.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Sistema de evaluación estandar para arroz**. 2. ed. Cali, 1983. 61p.

DATNOFF, L. E.; RAID, R. N.; SNYDER, G. H.; JONES, D. B. Evaluation of calcium silicate slag and nitrogen on brown spot, neck rot, and sheath blight development on rice. **Biological and Cultural Tests for Control of Plant Disease**, St Paul, v. 5, p. 65. 1990.

DATNOFF, L. E.; RAID, R. N.; SNYDER, G. H.; JONES, D. B. Effect of calcium silicate on blast and brown spot intensities and yields of rice. **Plant Disease**, St Paul, v. 75, n. 7, p. 729-732, jul. 1991.

DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; DEREN, C. W. Influence of silicon fertilizer grades on blast and brown spot development and on rice yields. **Plant Disease**, St Paul, v. 76, n. 10, p. 1011-1013, oct. 1992.

DATNOFF, L. E.; DEREN, C. W.; SNYDER, G. H. Silicon fertilization for disease management of rice in Florida. **Crop Protection**, London, v. 16, n. 6, p. 525-531, sept. 1997.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and plant Molecular Biology**, v. 50, p. 641-664, jun.1999. FAWE, A.; ABOW-ZAID, M.; MENZIES, J. G.; BELANGER, R. R. Silicon-mediated accumulation of flavonoid phytoalexins in cucumber. **Phytopathology**, St Paul, v. 88, n. 5, p. 396-401, may. 1998.

KORNDÖRFER, G. H.; ARANTES V. A.; CORRÊA G. F.; SNYDER G. H. Efeito do silicato de cálcio no teor de silício no solo e na produção de grãos de arroz de sequeiro . **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 623-629, jul/set. 1999.

KORNDÖRFER, G. H.; COELHO, N. M.; SNYDER, G. H.; MIZUTANI, C. Avaliação de métodos de extração de Si para solos cultivados com arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 101-106, jan/mar. 1999.

KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 70, p. 1-5, jun. 1995.

KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E.; CORRÊA, G. F. Influence of silicon on grain discoloration and upland rice grown on four savanna soils of Brazil. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 22, n. 1, p. 93-102. 1999.

LIMA FILHO, O. F.; LIMA, M. T. G.; TSAI, S. M. O silício na agricultura. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 87, p. 1-12, set. 1999. Encarte técnico.

MA, J.; TAKAHASHI, E. Availability of rice straw silicon to rice plants. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 37, n. 1, p. 111-116, mar. 1991.

MATOH, T.; MURATA, S.; TAKAHASHI, E. Effect of silicate application on photosynthesis of rice plants. **Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 63, p. 248-251. 1991.

OSUNA-CANIZALES, F. J.; DE DATTA, S. K.; BONMAN, J. M. Nitrogen form silicon nutrition effects on resistance to blast disease of rice. **Plant and Soil**, The Hague, v. 135, n. 2, p. 223-231, aug. 1991.

PERRUSO, J. C. **Efeitos da aplicação de escória siderúrgica sobre o solo, e sobre parâmetros fitotécnicos e fitossanitários das cultivares de arroz irrigado IAC 4440 e Pesagro 107**. 2000. 123f. Tese (Doutorado em Agronomia e Ciência do Solo). Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

PERSHIN, B. M.; PERSHIMA, A. N.; EGORINA, L. M. Silicon and rice production in the Primorskii region. **Agrokhimiya**, Moscow, v. 10, p. 68-74. 1995.

RAHMAN, T.; KAWAMURA, K.; KOYAMA, H.; HARA, T. Varietal differences in the growth of rice plants in response to aluminum and silicon. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 44, n. 3, p. 423-431, sep. 1998.

RODRIGUES, F. A.; VALE, F. X. R.; KORNDÖRFER, G. H.; PRABHU, A. S.; DATNOFF, L. E.; OLIVEIRA, A. M. A.; ZAMBOLIN, L. Influence of silicon on sheath blight of rice in Brazil. **Crop Protection**, London, v. 22, n. 1, p. 23-29, feb. 2003.

SANTOS, R. G.; KORNDÖRFER, G. H.; REIS FILHO, J. C. D.; PELÚZIO J. M. Adubação com silício: influência sobre as principais doenças e sobre a produtividade do arroz irrigado por inundação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 287, p. 1-8, 2003.

SAVANT, N. K.; SNYDER, G. H.; DATNOFF, L. E. Silicon management and sustainable rice production. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 58, n. 3, p. 151-199, dec. 1996.

SEEBOLD, K. W.; DATNOFF, L. E.; CORREA-VICTORIA, F. J.; KUCHAREK, T. A.; SNYDER, G. H. Effect of silicon rate and host resistance on blast, scald and yield of upland rice. **Plant Disease**, St Paul, v. 84, n. 8, p. 871-876, aug. 2000.

SILVA, L. S.; BOHNEM, H. Rendimento e acúmulo de nutrientes pelo arroz em solução nutritiva com e sem adição de silício. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 771-775, jul/set. 2001.

SILVA, L. S.; BOHNEM, H. Produtividade e absorção de nutrientes pelo arroz cultivado em solução nutritiva com diferentes níveis de silício e cálcio. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 1, p. 49-52, jan/mar. 2003.

STRECK, E. D.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. do; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. 1^a ed. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2002. 107p.

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H. (Ed.). **Science of the rice plant: physiology**. Tokyo: Food and agriculture policy research center, 1995. cap. 5, p. 420-433.

WINSLOW, M. D. Silicon disease resistance and yield of rice genotypes under upland cultural conditions. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 5, p. 1208-1213, sep/oct. 1992.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A. Resistência a doenças induzida pela nutrição mineral das plantas. In: LUZ, W. C. (ed.). **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. Passo Fundo: Gráfica e Editora Padre Berthier dos Missionários da Sagrada Família, 1993. p. 275-318.

Desempenho de genótipos de arroz irrigado cultivados no sistema pré-germinado com inundaçāo contínua

Performance of irrigated rice genotypes on a pre-germinated system with continuous flooding

Enio Marchezan¹ Edinalvo Rabaioli Camargo² Sérgio Iraçú Gindri Lopes³
Fernando Machado dos Santos⁴ Simone Michelon⁴

RESUMO

No sistema pré-germinado de cultivo do arroz irrigado, adota-se o manejo de retirada da água da lavoura, aproximadamente aos três dias após a semeadura, objetivando melhor estabelecimento das plântulas. No entanto, esta prática acarreta perda de água e nutrientes, além da reinfestação com plantas daninhas. A permanência da lâmina de água na lavoura, durante todo o ciclo da cultura, seria uma proposta de manejo capaz de minimizar estes problemas. Sendo assim, objetivou-se avaliar o desempenho de genótipos de arroz irrigado, quando submetidos ao cultivo em lâmina contínua, especialmente quanto ao acamamento de plantas, aspecto considerado limitante neste manejo de irrigação. Para tal, nos anos agrícolas de 2000/01 a 2002/03, foram conduzidos experimentos em área de várzea sistematizada, em solo classificado como Planossolo Hidromórfico eutrófico arenoso. Os tratamentos foram compostos por 8, 12 e 15 genótipos no primeiro, segundo e terceiro ano, respectivamente. No ano 1, a produtividade média foi de 7279kg ha⁻¹, sendo o genótipo IRGA 1572-11-1F-1-4-4 (8297kg ha⁻¹) o mais produtivo em valores absolutos. A porcentagem de acamamento variou entre 0 e 60% e a maioria dos tratamentos situou-se entre 0-20%. Todos os genótipos exibiram acamamento de plantas, exceto El Paso L 144. No ano 2, a produtividade média foi de 8492kg ha⁻¹ e o genótipo BRS-Pelota o mais produtivo (9282kg ha⁻¹), não tendo sido verificado acamamento em nenhum dos genótipos. No ano 3, a produtividade média foi de 6202kg ha⁻¹ e esteve relacionada à elevada porcentagem de plantas acamadas decorrente de intempéries climáticas, ocorridas na fase de maturação. Constatou-se que a produtividade dos genótipos pode ser elevada neste manejo de irrigação, mas o acamamento de plantas limita o potencial produtivo, dependendo das condições ambientais e do genótipo utilizado.

Palavras-chave: *Oriza sativa L.*, manejo da irrigação, sistema de cultivo, acamamento, lâmina permanente.

ABSTRACT

Under the pre-germinated system of rice growing, water is retrieved about three days after seeding in order to improve plant establishment. This practice therefore, causes water and nutrient losses and weeds reinfestation. The permanence of water in the field could minimize these problems. Experiments were conducted during the years of 2000/01 till 2002/03 aiming to evaluate the performance of permanent irrigated rice genotypes under flooding, specially for plant lodging, a limiting factor of this management system. The experiments were conducted on a lowland area in a Haplqualf soil and the treatments were 8, 12 and 15 genotypes in the first, second, and third years, respectively. In the year 1 the mean rice yield was 7279kg ha⁻¹ and IRGA 1572-11-1F-1-4-4 (8297kg ha⁻¹) the most productive genotype. Lodging percentage varied between 0 and 60% and for most treatments in the range from 0-20%. All genotypes presented some degree of lodging, except El Paso L 144. In the year 2 the mean rice yield was 8492kg ha⁻¹ and the most productive was BRS-Pelota (9282kg ha⁻¹), and no lodging occurred among the tested genotypes. In the year 3, the mean yield was 6202kg ha⁻¹ and was related to a high percentage of the lodging, due to climatic events during seed filling. It was observed that rice yield can be high under permanent flooding but lodging is a limiting factor depending on genotype and environmental conditions.

Key words: *Oriza sativa L.*, irrigation management, crop system, constant flooding, lodging.

INTRODUÇÃO

O cultivo de arroz irrigado no sistema pré-germinado, ocupa aproximadamente 11% das áreas

¹Engenheiro Agrônomo, Professor, Doutor, Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Pesquisador do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). E-mail: emarch@ccr.ufsm.br 97105-900. Santa Maria, RS. Autor para correspondência.

²Acadêmico do Curso de Agronomia, CCR, UFSM, bolsista do CNPq. Email: nalvo@mail.ufsm.br

³Engenheiro Agrônomo, Pesquisador do Instituto Riograndense do Arroz, Cachoeirinha, RS.

⁴Acadêmico do Curso de Agronomia da UFSM, bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS).

destinadas a esta cultura no Rio Grande do Sul, Estado responsável por cerca de 50% da produção brasileira e quase a totalidade das áreas de Santa Catarina, que possui a maior produtividade nacional. Neste sistema, a área é inundada 20 dias antes da semeadura, que é realizada com as sementes previamente germinadas.

O manejo usualmente adotado pelos produtores que utilizam o sistema pré-germinado, consiste na retirada da água da lavoura cerca de 3 dias após a semeadura, visando melhor estabelecimento das plântulas de arroz. No entanto, esta prática acarreta perda de água e de nutrientes, além da reinfestação por plantas daninhas, especialmente o arroz vermelho.

Resultados obtidos por MACHADO et al. (2002) demonstraram que, para os sistemas pré-germinado, transplante de mudas e mix de pré-germinado há, por ocasião da formação da lâmina de água, um consumo de $1285\text{m}^3\text{ ha}^{-1}$, o que representa de 15 a 20% do volume consumido durante o ciclo da cultura, sem contabilizar as precipitações pluviais ocorridas no período. Com isso, a realização da drenagem inicial provoca a perda de considerável volume de água, recurso limitante em algumas regiões produtoras e principal item na composição do custo de produção.

Além disso, ao proceder a drenagem são carreadas partículas sólidas em suspensão na água e, por consequência, são perdidos os nutrientes adsorvidos a estas ou presentes na solução. Estudos realizados por MARCHEZAN et al. (2002b), visando quantificar as perdas de nutrientes na água drenada em sistemas de implantação de arroz com alagamento inicial do solo, após três anos de estudo, obtiveram para o sistema pré-germinado, perdas de 3,78; 0,1 e $4,83\text{kg ha}^{-1}$, respectivamente para N_{total} , P e K, valores considerados aceitáveis de acordo com os padrões vigentes.

No entanto, em trabalho realizado por WEBER et al. (2003) as concentrações de nutrientes encontrados nas águas de drenagem inicial dos sistemas pré-germinado, mix de pré-germinado e transplante de mudas foram mais elevadas e, na média dos sistemas, situaram-se em 5,02; 2,06; 10,33; 6,38; 3,51 e $2,56\text{kg ha}^{-1}$ para N, P, K, Ca, Mg e Fe, respectivamente. Estes resultados demonstram que as perdas podem afetar a sustentabilidade do sistema e os autores relatam a necessidade de reduzi-las através do maior período de tempo entre adubação e o preparo final do solo e a drenagem subsequente, tempo esse, necessário para que ocorra a decantação das partículas coloidais em suspensão. Estas perdas também podem ser evitadas, através do manejo da água de irrigação, com

manutenção de lâmina contínua, desde a inundação da área.

O sistema pré-germinado, associado ao manejo da água, através da manutenção contínua de lâmina de água, é uma alternativa eficiente no controle de plantas invasoras, especialmente o arroz vermelho. Neste sentido, trabalho de AVILA et al. (2000) avaliando sistemas de cultivo de arroz irrigado para o controle de arroz vermelho, concluíram que a semeadura do arroz em solo inundado, seja no sistema pré-germinado, mix de pré-germinado ou transplante de mudas, proporciona maior controle desta invasora.

Por outro lado, o acamamento de plantas pode ser potencializado com a adoção de lâmina contínua. Para ISHIY et al. (1999), este é o principal parâmetro a ser observado quando se avalia este manejo de irrigação, pois dificulta a colheita, interferindo no potencial produtivo e na qualidade de grãos. Relatos de KONO (1995) indicam que o acamamento de plantas ocorre em determinados anos, em alguns sistemas de cultivo e em alguns cultivares de arroz, evidenciando que há diversos mecanismos envolvidos neste processo.

Assim, a permanência de água nos quadros de cultivo, posiciona-se como uma proposta de manejo capaz de minimizar as perdas de água e de nutrientes, bem como, proporcionar controle mais eficiente às plantas invasoras. Com isso, conduziu-se um experimento a campo durante três safras agrícolas, objetivando avaliar o comportamento de genótipos de arroz irrigado, no sistema pré-germinado com inundação contínua, especialmente quanto a produtividade e ao acamamento de plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado nas safras agrícolas 2000/01 (Ano 1), 2001/02 (Ano 2) e 2002/03 (Ano 3), em área de várzea sistematizada do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, em um Planossolo Hidromórfico eutrófico arênico, com as seguintes características físico-químicas: argila: 25%; pH_(H₂O): 5,2; P: 9,7mg L⁻¹; K: 48mg L⁻¹; Ca + Mg: 4,5cmol L⁻¹; H + Al: 4,1cmol L⁻¹ e M.O.: 1,9%. As parcelas possuíam dimensão de 3x4 m, totalizando uma área útil de 12m². O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo os tratamentos compostos por oito genótipos no ano 1, doze no ano 2 e quinze no ano 3, listados nas tabelas 1, 2 e 3, respectivamente.

Dentre os genótipos testados, encontraram-se cultivares que estão registradas para produção comercial, bem como, linhagens em fase final de

Tabela 1 - Produtividade, esterilidade de espiguetas, grāos inteiros, plantas acamadas e umidade de colheita em genótipos de arroz irrigado no sistema pré-germinado, sob lâmina de água contínua, safra 2000/01. Santa Maria, RS. 2003.

Genótipos	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Esterilidade (%)	Grāos inteiros (%)	Classes de acamamento ¹	Umidade de colheita (%)
IRGA 1572-11-1F-1-4-4	8297 a*	11 b	57,5 b	1	18,9
BR-IRGA 410	7700 a	8,4 b	53,3 c	1	20,2
IRGA 1598-3-2F-1-3-1	7651 a	8,5 b	57,6 b	1	19,8
IRGA 1581-8-5-1-2	7537 a	10 b	58,6 b	1	18,7
IRGA 419	6974 b	15 a	56,6 b	1	18,6
IRGA 417	6929 b	10 b	60,5 a	2	23,3
El Paso L 144	6803 b	14 a	61,4 a	0	23,4
BRS-Taim	6326 b	17 a	53,6 c	3	18,8
Média	7279	12	57,4	1	20,2
C.V. (%)	6,8	12,7	1,56	--	-----

* Médias não ligadas pela mesma letra diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade de erro.

avaliação cedidas pelo programa de fitomelhoramento do Instituto Rio Grandense do Arroz. O desenvolvimento de genótipos e a contínua avaliação, fazem com que ao passar dos anos, novas linhagens sejam incluídas nos testes de campo, bem como, aquelas que não tiveram desempenho satisfatório em ensaios regionais sejam excluídas, justificando a variação do seu número entre os anos. Desta forma, durante as três safras agrícolas e dentre os genótipos estudados, BR-IRGA 410, IRGA 419 e IRGA 1598-3-2F-1-3-1 foram os que permaneceram no experimento.

No ano 1, o preparo do solo foi realizado antes da entrada de água, através de gradagens e posterior aplaínamento superficial da área. Já com o solo inundado, efetuou-se a adubação de base, aos 10 dias antes da semeadura, conforme recomendação oficial da pesquisa. No ano 2, após o preparo do solo, transcorreu um período de aproximadamente 15 dias até a entrada de água. Este intervalo de tempo propiciou a emergência de plantas invasoras, que foram eliminadas através de dessecação com herbicida de ação total, aplicado antes da inundaçāo da área. A adubação de

Tabela 2 - Produtividade, esterilidade de espiguetas, grāos inteiros e umidade de colheita em genótipos de arroz irrigado no sistema pré-germinado, sob lâmina de água contínua, safra 2001/02. Santa Maria, RS. 2003.

Genótipos	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Esterilidade (%)	Grāos inteiros (%)	Umidade de colheita (%)	
				(%)	(%)
BRS-Pelota	9282 a*	12 c	63,7 ^{ns}		20,7 ^{ns}
BRS-Taim	9140 a	18 a	64,3		17,6
IRGA 420	9048 a	15 b	64,1		18,8
BR-IRGA 410	8966 a	11 c	63,4		21,4
IRGA 1572-2-2-4-3	8880 a	19 a	65,0		18,5
IRGA 1598-3-2F-1-3-1	8830 a	9 c	66,1		19,1
IRGA 1598-7-2F-1-3-2	8505 a	18 a	65,3		18,6
IRGA 419	8476 a	15 b	66,3		19,6
IRGA 440-22-3-6-2F-2	8456 a	10 c	66,6		16,6
IRGA 440-49-2-2-5	7726 b	9 c	63,3		18,6
IRGA 1832-7-2C-1-MF-2-1	7517 b	14 c	67,4		20,6
IRGA 959-1-2-2F-5-2-4-D5	7076 b	17 a	64,9		19,7
Média	8492	14	65,0		19
CV (%)	9,25	10,07	9,32		3,54

ⁿ

*Teste F não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro.

* Médias não ligadas pela mesma letra diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 3.- Produtividade, grãos por panícula, esterilidade de espiguetas e massa de mil grãos em genótipos de arroz irrigado no sistema pré-germinado, sob lâmina de água contínua, safra 2002/03. Santa Maria, RS. 2003.

Genótipos	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Grãos por panícula	Esterilidade (%)
IRGA 440-22-3-6-2F-1C	7345 a*	79 c	19 b
CT 8008-3-5-6P-1	6843 a	81 c	16 b
IRGA 1832-5-5C-MF-2-2	6644 a	77 c	22 a
IRGA 417	6580 a	91 b	11 b
IRGA 420	6505 a	67 d	26 a
RGA 1832-7-2C-1-MF-2-1	6371 a	93 b	17 b
IRGA 419	6349 a	84 c	23 a
BR-IRGA 410	6293 a	118 a	15 b
IRGA 1572-2-2-4-3	6249 a	72 d	27 a
IRGA 2003-2-8C-MF-4-3	6069 a	84 c	25 a
IRGA 1598-3-2F-1-3-1	6029 a	91 b	19 b
IRGA 1578-7-3F-1-3-2	5880 b	65 d	17 b
IRGA 1782-2-1C-2A	5786 b	70 d	24 a
IRGA 959-1-2-2F-5-2-5-B-1	5104 b	96 b	22 a
El Paso L 144	4979 b	108 a	25 a
Média	6202	85	20,5
CV (%)	8,32	12,27	16,49

* Médias não ligadas pela mesma letra diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade de erro.

base foi aplicada 15 dias após a semeadura, quando a cultura já estava plenamente estabelecida, evitando ao máximo a saída de água com os nutrientes do sistema, principalmente em situações de precipitações elevadas.

No ano 3, em decorrência do excesso de chuva, realizou-se o preparo do solo com umidade elevada, não se obtendo a eliminação total das plantas invasoras. Desta forma, antes do início da irrigação realizou-se a pulverização com os herbicidas glyphosate e metsulfuron, nas dosagens de 1080 e 2g.i.a ha⁻¹, respectivamente. Como não houve reinfestação das parcelas com plantas invasoras, não foi necessário aplicar herbicida em pós-emergência. A adubação de base, semelhante ao manejo adotado no ano 2, foi executada vinte dias após a semeadura.

Nas três safras agrícolas, a semeadura (120kg ha⁻¹) foi realizada manualmente a lanço nos dias 24/11/00, 10/11/01 e 19/11/02 após vinte dias de inundação da área. Nos anos 1 e 2, o controle de plantas daninhas de folhas largas e ciperáceas foi executado pela aplicação de herbicidas pós-emergentes, azimsulfuron e metsulfuron, nas dosagens de 5 e 2g.i.a ha⁻¹, respectivamente. No ano 3, devido ao acamamento de plantas e a ocorrência de doenças, foi executada a aplicação do fungicida tebuconazole, na dosagem de 150g.i.a ha⁻¹.

A irrigação por inundação foi contínua deste o período de 20 dias antes da semeadura até a colheita,

não sendo realizada a drenagem inicial, que é preconizada para o sistema pré-germinado. Por ocasião da semeadura, a água encontrava-se limpa, sem a presença de sólidos em suspensão que impedissem a passagem de luz às sementes. Mantinha-se uma lâmina de aproximadamente 5cm de altura durante a fase inicial de estabelecimento das plântulas, elevando-se após, para cerca de 10cm.

Os parâmetros avaliados nos experimentos conduzidos no ano 1 e 2 foram: produtividade, acamamento, grãos inteiros, esterilidade de espiguetas e umidade de colheita. No ano 3, o elevado percentual de plantas acamadas, que acarretou na permanência das panículas por um longo período submersas à lâmina de água ou mesmo em contato com o solo, fez com que a porcentagem de grãos inteiros não fosse avaliada, visto que esta condição teria interferência direta nos resultados.

Para a avaliação de acamamento foram consideradas as seguintes classes: [0] 0% de acamamento; [1] 1 a 20% de acamamento; [2] 21 a 40% de acamamento; [3] 41 a 60% de acamamento; [4] 61 a 80 % de acamamento e [5] 81 a 100 % de acamamento. Por ocasião da colheita, foi feita a observação visual na área das parcelas experimentais, relacionando a porcentagem de plantas acamadas com a classe correspondente.

Os dados obtidos nos experimentos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott & Knott em nível de 5% de probabilidade de erro. Os resultados expressos em porcentagem foram transformados por ocasião da análise, para arco seno, com o propósito de normalizar a sua distribuição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas três safras agrícolas, a cultura estabeleceu-se plenamente e, de forma geral, as populações de plantas apresentaram-se uniformes, com aproximadamente 300 plantas m⁻². Esta observação confirma a possibilidade de desenvolvimento satisfatório das plântulas de arroz no sistema pré-germinado mesmo sem a realização da drenagem inicial. Para isto, é necessário que a superfície do solo esteja perfeitamente nivelada e que a lâmina de água seja uniforme.

A permanência de lâmina de água contínua, desde o período de inundaçāo da área até a colheita, associado ao adequado preparo do solo, auxiliou no controle das plantas invasoras gramíneas, especialmente o capim-arroz, não sendo necessário realizar controle nas três safras agrícolas. Cabe ressaltar que a área onde os experimentos foram conduzidos não apresentava infestação por arroz vermelho e, com isso, não se pôde observar o efeito do manejo de água adotado sobre esta planta invasora.

No ano 1, a produtividade média do experimento foi de 7279kg ha^{-1} , havendo comportamento diferenciado entre os genótipos testados (Tabela 1). O genótipo IRGA 1572-11-1F-1-4-4 obteve a maior produtividade (8297kg ha^{-1}) não diferindo estatisticamente do BR-IRGA 410, IRGA 1598-3-2F-1-3-1 e IRGA 1581-8-5-1-2. O acamamento de plantas situou-se entre as classes 0 e 3 e a média do ensaio ficou na classe 1. Os genótipos mais produtivos, bem como o IRGA 419, cultivar recomendada para este sistema de cultivo, apresentaram de 1 a 20% de acamamento, correspondente a classe 1. A cultivar BRS-Taim situou-se na classe 3, com 41 a 60% de acamamento. As plantas da cultivar El Paso L 144 não acamaram.

No ano 2, a produtividade média do ensaio foi de 8492kg ha^{-1} , com o genótipo BRS-Pelota alcançando, em valores absolutos, a maior produtividade (9282kg ha^{-1}) e diferindo estatisticamente dos genótipos IRGA 440-49-2-2-5, IRGA 1832-7-2C-1-MF-2-1 e IRGA 959-1-2-2F-5-2-4-D5 (Tabela 2). Nesta safra, não ocorreu acamamento de plantas em nenhum genótipo testado.

A qualidade física do arroz, expressa através da porcentagem de grāos inteiros, apresentou média de 57 e 65%, respectivamente no ano 1 e 2. Os valores baixos de grāos inteiros obtidos no primeiro ano, especialmente para as cultivares BRS-Taim e BR-IRGA 410, possivelmente estejam relacionados ao acamamento da primeira e a exigência de colheita com grau de umidade mais elevado da segunda.

No ano 3, a produtividade variou entre 4979 a 7345kg ha^{-1} e dentre os genótipos estudados, 73% obtiveram comportamento similar para este parāmetro após o teste de média (Tabela 3). Neste ano, a produtividade média foi de 6202kg ha^{-1} , valor inferior aos anos anteriores, e fortemente relacionado à elevada porcentagem de plantas acamadas, decorrente de dois temporais ocorridos nos dias 28/02/03 e 01/03/03, com chuva de alta intensidade e ventos com rajadas de até 120km h^{-1} , conforme dados registrados pela estação meteorológica de Santa Maria, localizada cerca de 500m da área experimental. Nesta ocasião, a maioria

dos genótipos encontravam-se na fase de enchimento de grāos.

Esta intempérie foi responsável pelo acamamento total de praticamente todos os genótipos, exceto IRGA 959-1-2-2F-5-2-5-B-1, único que ainda se encontrava em pleno florescimento. O elevado porcentual de espiguetas estéreis, associado ao acamamento das plantas, contribuiu para a redução da produtividade. No ano 3, obteve-se, na média do ensaio, 20,5% de esterilidade, ao passo que, nos anos 1 e 2 as porcentagens foram de 12 e 14%, respectivamente.

A utilização de lâmina de água contínua permitiu a obtenção de produtividades elevadas nos dois primeiros anos de experimento, resultados estes que vêm de encontro aos obtidos por MARCHEZAN et al., (2002a) que, ao estudarem manejos da água de drenagem, incluindo irrigação com lâmina contínua, obtiveram produtividades estatisticamente semelhantes, com valores médios de 7260kg ha^{-1} .

Ainda MARCOLIN & MACEDO (2001), avaliando o efeito da lâmina de água na população inicial e final de plantas e no rendimento de grāos no sistema pré-germinado, concluíram que a drenagem inicial pode ser feita até cinco dias após a semeadura sem redução da produtividade, bem como, que não há necessidade de realizá-la, caso o solo tenha sido preparado sem a presença de lâmina de água.

Dos genótipos testados nos três anos, utilizando-se as produtividades médias dos experimentos como parāmetro de comparação, observa-se que a cultivar BR-IRGA 410 foi a que sempre apresentou produtividade acima da média. Além desta, a linhagem IRGA 1598-3-2F-1-3-1 situou-se entre àquelas classificadas como mais produtivas após a execução do teste de média. No entanto, alguns genótipos apresentaram comportamento diferenciado de uma safra para outra, como foi o caso do BRS-Taim, que obteve a menor produtividade no ano 1 e a maior produtividade no ano 2, caracterizando a influência de condições climáticas.

No ano 1, obtiveram-se respostas distintas dos genótipos em relação ao acamamento das plantas, o que pode estar relacionado com suas características de resistência. Não obstante, a não ocorrência de acamamento no ano 2, indica que existem outros fatores interagindo, além do fator genético. Obviamente as condições climáticas interagem e influenciam este parāmetro, conforme foi observado no ano 3, quando a ocorrência de ventos fortes associados à chuva proporcionou acamamento das plantas.

Diversos fatores são relatados como causadores de acamamento na cultura do arroz, dentre

estes: condições ambientais, intensidade de chuvas e ventos, características fenotípicas do genótipo (peso da panícula, altura de planta, robustez do colmo, número de panículas por unidade de área e quantidade e distribuição das raízes), propriedades do solo e condições de cultivo (KONO, 1995; WATANABE, 1997). Para estes autores, o acamamento é determinado pelo balanço entre as forças indutoras e a resistência da planta.

CONCLUSÃO

O manejo de irrigação adotado permite a obtenção de produtividades elevadas, mas o acamamento de plantas pode ser limitante sendo ambas as características influenciadas pelo genótipo utilizado e pelo ano agrícola.

A cultivar BR-IRGA 410 e a linhagem IRGA 1598-3-2F-1-3-1, estudadas nos três anos, obtêm respostas produtivas satisfatórias no manejo de lâmina contínua.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AVILA, L.A. de et al. Sistemas de cultivo de arroz irrigado para o controle de arroz-vermelho. **Agrop Clima Temperado**, Pelotas, v.3, n.2, p.165-173. 2000.
- ISHIY, T.; SCHIOCCHET, M.; NOLDIN J.A. Comportamento de linhagens e cultivares de arroz submetidas a condições de inundação permanente. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas : Embrapa Clima Temperado, 1999. p.117-119.
- KONO, M. Phsychological aspects of lodging. In: MATSUO, T. et al. **Science of the rice plant**. Tokyo, Japan : Nobunkyo, 1995. V.2, cap.4, p.971-982.
- MACHADO, S.L.O. et al. Determinação do consumo de água em cinco sistemas de cultivo de arroz irrigado. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis, SC. **Anais...** Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p.336-339.
- MARCHEZAN, E. et al. Manejo da irrigação do arroz por inundação usando sementes pré-germinadas. **Eng Agr**, Jaboticabal, v.22. n.3, p.339-346. 2002a.
- MARCHEZAN, E. et al. Perda de nutrientes na água de drenagem inicial na cultura do arroz irrigado. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002. Florianópolis, SC. **Anais...** Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2002b. p.680-683.
- MARCOLIN, E.; MACEDO, V.R.M. Manejo da drenagem inicial e sua relação com a população de plantas e rendimento de grãos de arroz no sistema pré-germinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre : Instituto Rio Grandense do Arroz, 2001. p.227-228.
- WATANABE, T. Lodging resistance. In: MATSUO, T. et al. **Science of the rice plant**. Tokyo, Japan : Nobunkyo, 1997. V.3, cap.4, p.567-577.
- WEBER, L. et al. Cultivares de arroz irrigado e nutrientes na água de drenagem em diferentes sistemas de cultivo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.1, p. 27-33. 2003.

Qualidade da água no consórcio de peixes com arroz irrigado

Water quality in combination of the fish culture and irrigate rice

Jaqueline Ineu Golombieski¹ Enio Marchezan² Mozart Borges Monti³
Lindolfo Storck² Edinalvo Rabaioli Camargo⁴
Fernando Machado dos Santos⁴

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da água utilizada no consórcio de peixes com arroz irrigado. O experimento foi conduzido em área de várzea, com sistema pré-germinado de cultivo de arroz associado ao cultivo de carpas e jundiá, onde semanalmente foram monitorados os níveis de oxigênio dissolvido, temperatura, pH, dureza, alcalinidade total, amônia, nitrito e transparência da água. As características físico-químicas da água (temperatura, pH, dureza, alcalinidade, amônia e nitrito) não afetam o crescimento e o desenvolvimento dos peixes no consórcio com arroz irrigado para as espécies cultivadas (60% de carpa húngara, 20% de carpa capim, 10% de jundiá, 5% de carpa prateada e 5% de carpa cabeça grande). Embora as densidades de peixes utilizadas e as épocas de colocação dos alevinos afetem certos parâmetros de qualidade da água (oxigênio dissolvido e transparência da água) em alguns períodos, em geral eles se mantêm em níveis adequados de acordo com os padrões para as espécies.

Palavras-chave: oxigênio dissolvido, temperatura, pH, dureza, alcalinidade total, transparência da água.

ABSTRACT

The goal of the present work was to evaluate quality parameters of the water utilized in combination of the fish culture with irrigate rice. The experiment was carried in low land area, with rice pre-germinate system associated with farming of carps and silver catfish, where the levels of dissolved oxygen, temperature, pH, hardness, total alkalinity, ammonia, nitrite and water transparency were weekly monitored. The physical-chemical characteristics of the water (temperature,

pH, hardness, total alkalinity, ammonia, and nitrite) do not affect the growth and development of the fish in combination with irrigate rice for cultivated species (60% common carp, 20% grass carp, 10% silver catfish, 5% silver carp and 5% bighead carp). Although, the quantities of fish utilized and time of entry fingerlings affect certain water quality parameters (dissolved oxygen and water transparency) in general they maintain in levels adequate to with the standard for these species.

Key words: dissolved oxygen, temperature, pH, hardness, total alkalinity, water transparency.

INTRODUÇÃO

A avaliação dos níveis de qualidade da água para peixes, incluindo oxigênio dissolvido, temperatura, pH, amônia, nitrito, dureza e alcalinidade total, e transparência são importantes para se prever como estão as condições ambientais para a vida destes. Neste sentido, a qualidade da água na criação dos peixes consorciados com o arroz irrigado é um aspecto fundamental para garantir seu bom desenvolvimento e sobrevivência (MOHANTY et al., 2004).

A rizipiscicultura é um sistema de produção caracterizado pelo cultivo consorciado de arroz irrigado e a criação de peixes. Essa prática reduz o uso de máquinas, conserva o ambiente e proporciona aumento de renda por área, pois o peixe prepara o solo para o próximo cultivo do arroz irrigado, recicla a

¹Programa de Pós-graduação (PPG) em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: golombieski@smail.ufsm.br. Autor para correspondência.

²Departamento de Fitotecnia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

³Engenheiro Agrônomo, Autônomo, Brasil.

⁴Programa de Pós-graduação em Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

matéria orgânica e consome sementes de plantas invasoras no solo, contribuindo também para a redução de larvas de insetos e caramujos (SATO, 2002).

O oxigênio dissolvido em tanques é monitorado por ser o primeiro parâmetro de qualidade da água que pode ser afetado através do aumento da alimentação e do metabolismo dos peixes. Muitos casos da depleção de oxigênio dissolvido em tanques com peixes são resultado de altas taxas de respiração noturna pela densa comunidade planctônica, respiração dos peixes, respiração de organismos bentônicos e decomposição bacteriana (SUMAGAYSAY-CHAVOSO & SAN DIEGO-McGLONE, 2003). As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese (ESTEVES, 1988). A temperatura da água influencia fortemente no consumo de oxigênio e também na capacidade de carregar oxigênio na água (GOLOMBIESKI et al., 2003), pois a solubilidade do oxigênio depende do fator temperatura associado a pressão, sendo que com a elevação da temperatura e diminuição da pressão, ocorre redução da solubilidade do oxigênio (ESTEVES, 1988). O pH da água é um importante fator para assegurar uma boa produção de peixes. A faixa de pH de 6,5 a 9,0 é usualmente sugerida para a criação de peixes, mas a faixa ótima pode diferir para diferentes espécies. Baixos níveis de pH reduzem o crescimento e a reprodução dos peixes (LOPES et al., 2001).

A amônia é o maior resíduo nitrogenado produzido através do catabolismo dos aminoácidos, sendo, na água, reduzida a nitrito pela nitrificação bacteriana antes de ser convertida a nitrato (COSTA et al., 2004). Ela é tóxica não apenas para peixes, mas também para animais aquáticos, especialmente em tanques com baixas concentrações de oxigênio dissolvido, e existe em ambas as formas: ionizada (NH_4^+) e não-ionizada (NH_3), sendo sua toxicidade atribuída principalmente à última forma (FOSS et al., 2003). Níveis tóxicos de amônia não-ionizada para curtas exposições usualmente são reportados e ficam entre 0,6 e 2mg L⁻¹. Dois principais fatores afetam a concentração de amônia em tanques: a taxa de excreção pelos peixes e a difusão pelos sedimentos que representa uma parte da amônia externa. Algas utilizam amônia para o crescimento e produção de oxigênio, e a presença de maiores cargas nitrogenadas em tanques aumenta a produtividade primária dos tanques, com mais alimentos disponíveis para peixes para seu máximo crescimento (EL-SHAFAI et al., 2004).

O nitrito é um produto intermediário da transformação da amônia em nitrato, e pode ser tóxico para peixes (FRANCES et al., 1998). Como resultado da ação da nitrificação bacteriana, a amônia é reduzida

a nitrito, e em sistemas fechados, bem como tanques de terra, ambos podem acumular para níveis tóxicos. O aumento nas concentrações de nitrito na água induz a acumulação deste no sangue e tecidos, e via reações complexas produzindo derivados tóxicos com ação deletéria em processos fisiológicos dos peixes (COSTA et al., 2004).

A dureza total é a concentração de todos os cátions divalentes na água, sendo o cálcio (Ca^{2+}) e o magnésio (Mg^{2+}) os cátions mais comuns em quase todos os sistemas de água doce. O valor recomendado de dureza total para a cultura de peixes em tanques é acima de 20mg L⁻¹ CaCO_3 (BOYD & EGNA, 1997). Este parâmetro influencia no crescimento do fitoplâncton na água e além disto, o Ca^{2+} é essencial para vários processos biológicos dos peixes como construção óssea e coagulação sanguínea, entre outras funções celulares, sendo sua ingestão regulada pela alimentação ou pela absorção branquial (FLIK & VERBOST, 1995). Quanto à alcalinidade total da água, segundo ESTEVES (1988), ela representa a capacidade que um sistema aquoso tem de neutralizar ácidos, e esta capacidade depende de alguns compostos, principalmente carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. A alcalinidade aumenta o pH e por consequência a amônia torna-se mais tóxica com o aumento da alcalinidade. Dureza e alcalinidade são relativamente estáveis, mas podem mudar com o tempo, geralmente semanas ou meses, dependendo do pH e do conteúdo mineral da água e do solo (WURTS & DURBOROW, 1992).

Os peixes utilizados no estado do RS na rizipiscicultura, são as espécies de carpas, que em sistema de policultivo proporcionam um melhor aproveitamento do ambiente em função do hábito alimentar diferenciado. A carpa húngara (*Cyprinus carpio*) (omnívora) é a espécie que ingere sementes, minhocas, insetos, pequenos moluscos, entre outros, e que remove o solo à procura de alimentos, executando assim o seu preparo; a carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*), é a espécie de hábito alimentar herbívoro; as carpa cabeça grande (*Aristichthys nobilis*) e carpa prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*), são espécies filtradoras, alimentando-se de fitoplâncton e zooplâncton, respectivamente (COTRIM et al., 2001). Já o jundiá (*Rhamdia quelen*), espécie de hábito alimentar também omnívoro, foi utilizado no experimento por ser uma espécie nativa amplamente distribuída no sul do Brasil e bem aceita pelo mercado consumidor (GOMES et al., 2000). Assim, o objetivo do presente experimento foi de avaliar alguns parâmetros de qualidade da água em área de rizipiscicultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nos anos agrícolas de 2001/2002 e 2002/03, em solo classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico arênico (Unidade de Mapeamento Vacacaí) (EMBRAPA, 1999), com as seguintes características químicas no início do experimento: argila=25%; pH (H_2O)=5,0; pH (solo)=5,5; P (fósforo)=8,1mg L⁻¹; K (potássio)=47,6mg L⁻¹ e M.O.(matéria orgânica)=2,1% m/v, conforme análise de solo realizada.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema trifatorial (Ano x Densidade x Época), com três repetições. Os tratamentos utilizados foram duas densidades de povoamento dos peixes: D1= 6000 alevinos ha⁻¹ e D2= 3000 alevinos ha⁻¹ e três épocas de colocação: E1= na semeadura; E2= 20 dias após a semeadura e E3 = após a colheita do arroz. Após o sorteio do experimento, em cada época de colocação dos alevinos foram aplicadas as duas densidades de povoamento. As proporções de peixes utilizadas foram: 60% de carpa húngara (*Cyprinus carpio*), 20% de carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*), 5% de carpa cabeça grande (*Aristichthys nobilis*), 5% de carpa prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) e 10% de jundiá (*Rhamdia quelen*).

O sistema de cultivo utilizado foi o pré-germinado e a cultivar foi IRGA 419, na densidade de 120kg ha⁻¹. As parcelas experimentais constituíam-se de 480 m² (40m x 12m) com uma área de refúgio de 5,8% da área total da parcela, com 0,50m de largura e 0,70m de profundidade. Os alevinos apresentavam comprimento aproximado entre 5 a 10cm, quando foram colocados nas duas primeiras épocas de entrada. Durante todo o período de desenvolvimento da cultura do arroz, manteve-se a lâmina de água contínua, com profundidade aproximada de 0,15 m.

No primeiro ano agrícola (2001/02), após a colheita do arroz (abril de 2002), a área experimental foi mantida por um período de 15 dias com água somente no refúgio e, em seguida, elevada gradativamente a lâmina de água das parcelas, suficiente para a cobertura da restava do arroz. Os tratamentos referentes à primeira e segunda épocas de colocação (E1 e E2) permaneceram com peixes durante todo o ciclo da cultura do arroz irrigado; já no tratamento referente à terceira época de povoamento (E3), os alevinos foram colocados na lavoura 15 dias após a colheita do arroz. Após isto, os peixes permaneceram na área até outubro de 2002, quando foi realizada a despresa. No segundo ano, após a colheita do arroz (março de 2003), efetuou-se a entrada dos alevinos referentes à terceira época de povoamento (E3), com tamanho de 15 a 20cm nesta

ocasião. Os peixes permaneceram nas unidades experimentais até a despresa que foi realizada em outubro de 2003.

Durante o período experimental, foram monitorados semanalmente os parâmetros físico-químicos da água: temperatura e oxigênio dissolvido (Oxímetro Oaktron), pH (pHmetro Schott Handylab 1), nitrito, alcalinidade total e amônia total (Kits Alfa Tecnoquímica, SC, Brasil); dureza total (GREENBERG et al., 1976), e transparência da água (Disco de Secchi). A amônia não-ionizada foi determinada segundo PIPER et al. (1982). A água analisada foi coletada na área do refúgio (manhã - 8h ou tarde - 14h), em frascos de cor âmbar, tomando-se uma amostra por repetição (parcela), sendo esta encaminhada ao laboratório para posterior realização de técnicas. As avaliações referentes ao oxigênio dissolvido (a 15cm de profundidade) e transparência da água, foram realizadas diretamente nas parcelas experimentais. Após a despresa dos peixes da área aplicou-se cal virgem (óxido de cálcio) somente na área do refúgio para desinfecção, na proporção de 700kg ha⁻¹. O nivelamento da superfície do solo nas parcelas experimentais foi corrigido manualmente, e após aplicou-se calcário dolomítico na proporção de 1000kg ha⁻¹, a fim de manter níveis adequados de dureza e alcalinidade total da água.

Os dados de oxigênio dissolvido, temperatura, pH, transparência, dureza e alcalinidade total foram submetidos à análise da variância e as médias comparadas pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1, encontram-se os dados de oxigênio dissolvido, temperatura, transparência, pH, dureza e alcalinidade da água. Houve diferença significativa nos níveis de oxigênio dissolvido e temperatura entre os anos e épocas de colocação dos peixes, sendo que a E3 apresentou níveis mais baixos de oxigênio e temperatura em relação às outras duas épocas. Porém, a concentração de oxigênio dissolvido na parcela testemunha apresentou-se mais elevada devido ao menor consumo deste gás, já que não havia a presença de peixes nesta área. A transparência da água não foi afetada significativamente pelos fatores densidades e épocas de colocação dos peixes. Os valores médios de pH ficaram situados entre as médias de 6,0 a 7,6. Houve diferença significativa nos níveis de dureza total entre os anos agrícolas experimentais. Já os níveis de alcalinidade total, mostraram diferenças significativas

Tabela 1 – Médias dos valores físico-químicos da água em resposta aos anos, densidades de povoamento e épocas de colocação dos alevinos. Santa Maria, RS, 2004.

Ano	Oxigênio (mg L ⁻¹)	Temperatura (°C)	Transparência (cm)	pH (unidades)	Dureza (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	Alcalinidade (mg L ⁻¹ CaCO ₃)
2001/02	5,7 ^a	21,1 ^a	19,5 ^{ns}	6,3 ^a	20,7 ^a	19,5 ^a
2002/03	3,9 ^b	21,5 ^b	16,7	6,5 ^b	42,8 ^b	19,0 ^b
Densidade						
D1 (6000 al)	4,8 ^{ns}	21,3 ^{ns}	16,8 ^{ns}	6,3 ^a	30,2 ^{ns}	15,3 ^{ns}
D2 (3000 al)	5,0	21,2	19,4	6,4 ^b	29,4	15,6
Época						
E1 (semeadura)	5,1 ^a	22,5 ^a	16,1 ^{ns}	6,5 ^a	31,0 ^a	16,7 ^a
E2 (20 DAS)	5,0 ^a	21,3 ^b	19,5	6,3 ^b	30,3 ^a	15,2 ^b
E3 (após colh.)	4,6 ^b	19,0 ^c	19,3	6,3 ^b	27,1 ^b	13,6 ^c
Testemunha ¹	5,8	21,2	33,7	6,4	26,7	17,8
Média	4,9	21,3	18,1	6,3	29,8	15,4
CV (%)	30,8	10,4	49,2	4,5	43,9	40,8

^{ns} Teste F não significativo, na coluna.

* Médias seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro (DAS = Dias após a semeadura).

¹ Parcada testemunha (sem peixes)- média de dois anos experimentais.

entre as épocas de colocação dos alevinos, com a E3 apresentando níveis mais baixos.

Na tabela 2, estão apresentados os dados mensais de qualidade da água. Os níveis de oxigênio dissolvido e temperatura sofreram variações significativas ao longo dos meses. A transparência da água manteve-se na faixa média mensal de 11,6 a 22,9cm ao longo do período, a alcalinidade total entre 10,6 e 37mg L⁻¹ CaCO₃ e a dureza total de 10,8 a 63,2mg L⁻¹ CaCO₃.

Os níveis de amônia total mantiveram-se na faixa de 0,1 a 4,0mg L⁻¹ com amônia não-ionizada entre 0,0034 e 0,0098mg L⁻¹. Já os valores de nitrito apresentaram poucas variações durante o período experimental, estando numa faixa de 0,025 a 0,1mg L⁻¹.

Sabe-se que a concentração de oxigênio dissolvido é um dos fatores de qualidade da água que mais afeta as espécies cultivadas. Quando os níveis de oxigênio dissolvido nos tanques de aquicultura se tornam baixos, os organismos cultivados podem ficar estressados ou mesmo morrerem. O fitoplâncton existente na água produz o oxigênio necessário à respiração. A quantidade de oxigênio requerida pelos organismos aquáticos é variável e depende de fatores como espécie, tamanho, quantidade de alimento ingerido e temperatura da água (BOYD & EGNA, 1997). Outro fato importante é que a transparência da água interfere no teor de oxigênio desta. Quando um corpo d'água apresenta maior transparência, a radiação solar pode atingir maiores profundidades, proporcionando

maior produção de oxigênio pelos organismos fotossintetizantes.

A temperatura da água variou em média de 15,1 a 28,4°C, estando as alterações relacionadas às estações sazonais, reguladas pela incidência de luz solar neste período. Esta ampla faixa de variação, característica da região sul do país, que apresenta estações bem definidas, não afetou a sobrevivência das espécies cultivadas neste experimento. Para ROTHUIS et al. (1998), o desenvolvimento do arroz e o baixo nível da água tem um impacto no ambiente aquático, assim como no peixe. Freqüentemente a fertilização realizada cedo no ciclo da cultura do arroz e a baixa densidade de plantas neste estágio, estimula o desenvolvimento de fitoplâncton, principal responsável pelos altos níveis de oxigênio na água. Porém, mudanças progressivas através do crescimento das plantas de arroz, e uma limitada disponibilidade de nutrientes, diminuem o desenvolvimento de plâncton.

A faixa ideal de transparência da água para o cultivo de peixes é de 30 a 40cm (CASTAGNOLLI, 1992). Neste experimento as médias de transparência da água permaneceram um pouco abaixo desses valores devido principalmente à carpa húngara, que remove detritos do fundo do tanque, deixando esta água mais turva. Nos meses com temperaturas mais baixas, contudo, a transparência da água foi maior, devido a menor taxa metabólica dos peixes. MOHANTY et al. (2004) em experimentos conduzidos com rizipiscicultura na Índia, encontraram valores de

Tabela 2 – Médias mensais dos valores físico-químicos da água com peixes em várzea, obtidos em dois anos (2001/02 e 2002/03). Santa Maria, RS, 2004.

Meses	Oxigênio (mg L ⁻¹)	Temperatura (°C)	Transparência (cm)	pH (unidades)	Dureza (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	Alcalinidade (mg L ⁻¹ CaCO ₃)
Novembro	7,0 ^b	23,8 ^d	11,6 ^f	7,2 ^b	40,7 ^b	37,0 ^a
Dezembro	7,8 ^a	27,8 ^a	17,7 ^{bcd}	7,6 ^a	34,5 ^{bc}	25,1 ^b
Janeiro	5,4 ^d	28,4 ^a	18,4 ^{abcd}	6,5 ^c	63,2 ^a	26,5 ^b
Fevereiro	3,2 ^f	25,4 ^{bc}	14,5 ^{cdef}	6,2 ^f	-	11,3 ^{de}
Março	1,8 ^g	25,9 ^b	13,3 ^{ef}	6,2 ^f	21,3 ^e	10,6 ^e
Abril	2,8 ^f	24,9 ^c	22,2 ^{ab}	6,2 ^{ef}	32,5 ^{cd}	14,4 ^d
Maio	3,0 ^f	19,5 ^g	22,9 ^a	6,4 ^{cd}	58,9 ^a	19,3 ^c
Junho	4,7 ^e	15,9 ⁱ	20,5 ^{ab}	6,2 ^{ef}	26,3 ^{de}	13,3 ^{de}
Julho	5,6 ^d	17,2 ^h	20,8 ^{ab}	6,3 ^{de}	23,8 ^e	14,4 ^d
Agosto	6,1 ^c	15,1 ^j	19,3 ^{abc}	6,3 ^{ef}	22,7 ^e	13,2 ^{de}
Setembro	5,4 ^d	20,9 ^f	13,7 ^{def}	6,3 ^{ef}	14,0 ^f	12,9 ^{de}
Outubro	5,4 ^d	22,1 ^e	12,9 ^f	6,0 ^g	10,8 ^f	10,6 ^e

* Médias seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro.

transparência da água entre 16 e 57cm, utilizando policultivo de larvas de carpas (*Catla catla*, *Labeo rohita*, *Cirrhinus mrigala* e *Cyprinus carpio*) e camarão de água doce (*Macrobrachium rosenbergii*).

Geralmente existe uma flutuação diária de uma ou duas unidades de pH em tanques de cultivo de água doce, que se deve a mudanças na taxa de fotossíntese do fitoplâncton e outras plantas aquáticas em função da luminosidade e fotoperíodo, mas normalmente ele encontra-se na faixa de 6,0-8,0 nos tanques (BALDISSEROTTO, 2002). Existe uma estreita relação entre pH e níveis de gás carbônico na água, já que peixes consomem oxigênio e liberam gás carbônico, fazendo com que o pH da água diminua. MOHANTY et al. (2004), estudando pH em rizipiscicultura, encontraram variações entre 6,0 e 8,8. Neste experimento, o pH manteve-se em um nível aceitável para as espécies cultivadas.

A dureza total variou significativamente entre os anos agrícolas experimentais, provavelmente devido à maior precipitação pluviométrica ocorrida no primeiro ano experimental (2001/02) de 1870mm (normal: 1586 mm), levando com a água maiores quantidades de íons cálcio e magnésio do solo. A dureza da água no início do experimento encontrava-se mais alta (atingindo 63,2mg L⁻¹ CaCO₃) em janeiro, provavelmente devido à aplicação da calagem com cal virgem para desinfecção e calcário dolomítico para adubação, realizada na parcela experimental antes da entrada dos alevinos. ZWEIG et al. (1999) comentam que os níveis de dureza em tanques de piscicultura devem estar acima de 20mg L⁻¹ CaCO₃ a fim de obter-se um bom desenvolvimento das espécies de peixes.

Na região sul do Brasil, esta varia de 32 a 180 mg L⁻¹ CaCO₃ (MARTINS, 1994).

Em experimentos com rizipiscicultura realizados em Bangladesh por HAROON & PITTMAN (1997) com *Puntius gonionotus* e *Oreochromis* spp., os níveis de dureza total variaram de 80 a 160mg L⁻¹ CaCO₃ e alcalinidade total de 60 a 100mg L⁻¹ CaCO₃, sendo considerados faixas adequadas para estas espécies. Já MOHANTY et al. (2004) encontraram variações de alcalinidade total entre 49 e 119mg L⁻¹ CaCO₃ em rizipiscicultura. Os níveis de alcalinidade total têm mostrado diferenças entre as épocas de colocação dos alevinos, apresentando, assim como para a dureza total, variações devido a precipitações pluviométricas. Os níveis de dureza e alcalinidade total mantiveram-se mais baixos na parcela testemunha, possivelmente devido à inexistência de peixes para fazer a remoção do solo.

No presente experimento, os níveis de nitrito e amônia mantiveram-se baixos em todos os tratamentos, não sendo considerados tóxicos nestes valores. Estes dados estão de acordo com MOHANTY et al. (2004) que também obtiveram valores baixos para estes parâmetros, sendo para nitrito valores entre 0,0006 e 0,07mg L⁻¹ e para amônia total de 0,01 a 0,31mg L⁻¹.

CONCLUSÕES

As características físico-químicas da água (temperatura, pH, dureza, alcalinidade, amônia e nitrito) não afetam o crescimento e o desenvolvimento dos peixes no consórcio com arroz irrigado para as espécies

cultivadas (60% de carpa húngara, 20% de carpa capim, 10% de jundiá, 5% de carpa prateada e 5% de carpa cabeça grande). Embora as densidades de peixes utilizadas e as épocas de colocação dos alevinos afetem certos parâmetros de qualidade da água (oxigênio dissolvido e transparência da água) em alguns períodos, em geral, eles se mantêm em níveis adequados de acordo com os padrões para as espécies.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Dr. Bernardo Baldisserotto, do Departamento de Fisiologia, e a doutoranda pela UFSCar, Lenise V. F. da Silva, pelas sugestões e assistência durante a realização dos experimentos, bem como a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelo suporte financeiro. Golombieski e Marchezan, bolsistas do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Camargo, bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC). Santos, bolsista do Fundo de Incentivo a Pesquisa (Fipe).

REFERÊNCIAS

- BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura.** Santa Maria: UFSM, 2002. 212p.
- BOYD, C.E.; EGNA, H.I. **Dynamics of pond aquaculture.** Boca Raton, New York: CRC Press, 1997.
- CASTAGNOLI, N. **Criação de peixes de água doce.** Jaboticabal: FUNEP, 1992. 189p.
- COSTA, O.T.F. et al. Susceptibility of the Amazonian fish, *Colossoma macropomum* (Serrasalmidae), to short-term exposure to nitrite. **Aquaculture**, v.232, p.627-636, 2004.
- COTRIM, D. et al. **Agricultura Sustentável: rizipiscicultura.** Manual prático. Porto Alegre: EMATER/RS, 2001. 27p.
- EL-SHAFAI, S.A. et al. Chronic ammonia toxicity to duckweed-fed tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v.232, p.117-127, 2004.
- EMBRAPA CLIMA TEMPERADO (Pelotas). **Arroz Irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil.** Embrapa Clima Temperado/IRGA/EPAGRI, 1999. 127p.
- ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de Limnologia.** Rio de Janeiro: Interciência, FINEP, 1988.
- FLIK, G.; VERBOST, P.M. Celular mechanisms in calcium transport and homeostasis in fishes. **Biochemistry and Molecular Biology of Fishes**, v.5, p.252-263, 1995.
- FRANCES, J. et al. The effects of nitrite on the short-term growth of silver perch (*Bidyanus bidyanus*). **Aquaculture**, v.163, p.63-72, 1998.
- FOSS, A. et al. Growth and oxygen consumption in normal and O₂ supersaturated water, and interactive effects of O₂ saturation and ammonia on growth in spotted wolffish (*Anarhichas minor* Olafsen). **Aquaculture** v.224, p.105-116, 2003.
- GOLOMBIESKI, J.I. et al. Transport of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fingerlings at different times, load densities and temperatures. **Aquaculture**, v.216, p.95-102, 2003.
- GOMES, L.C. et al. Biologia do jundiá *Rhamdia quelen* (Teleostei, Pimelodidae). **Ciência Rural**, v.30, n.1, p.179-185, 2000.
- GREENBERG, A.E. et al. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 14.ed. Bru-El Graphic, Springfield, Illinois, 1976.
- HAROON, A.K.Y.; PITTMAN, K.A. Rice-fish culture: feeding, growth and yield of two size classes of *Puntius gonionotus* Bleeker and *Oreochromis* spp. in Bangladesh. **Aquaculture**, v.154, p.261-281, 1997.
- LOPES, J.M. et al. Survival and growth of silver catfish larvae exposed to different water pH. **Aquaculture International**, v.9, p.73-80, 2001.
- MARTINS, E.L. **A degradação ambiental de um trecho do Rio Vacacaí-Mirim.** 1994. 116f. Monografia. Departamento de Geociências, CCNE, Universidade Federal de Santa Maria.
- MOHANTY, R.K. et al. Performace evolution of rice integration system in rainfed medium land ecosystem. **Aquaculture**, v.230, p.125-135, 2004.
- PIPER, R.G. et al. **Fish hatchery management United States Departament of the Interior.** Washington, DC, 1982. 517p.
- ROTHUIS, A.J. et al. Polyculture of silver barb, *Puntius gonionotus* (Bleeker), Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), and common carp, *Cyprinus carpio* L., in Vietnamese ricefields: fish production parameters. **Aquaculture Research**, v.29, p.661-668, 1998.
- SATO, G. Rizipiscicultura: uma alternativa rentável para o produtor de arroz irrigado. **Agropecuária Catarinense**, v.15, n.3, p.47-50, 2002.
- SUMAGAYSAY-CHAVOSO, N.S.; SAN DIEGO-McGLONE, M.L. Water quality and holding capacity of intensive and semi-intensive milkfish (*Chanos chanos*) ponds. **Aquaculture**, v.219, p.413-429, 2003.
- ZWEIG, R.D. et al. **Source water quality for aquaculture.** Washington: Word Bank, 1999. 62p.
- WURTS, W.A.; DURBOROW, R.M. Interactions pf pH, carbon dioxide, alkalinity and hardness in fish ponds. **Aquaculture Program**, n.464, 4p, 1992. (SRAC-publication).

Análise de coeficiente de trilha para os componentes de produção em arroz¹

Path coefficient analysis of rice yield components

Enio Marchezan² Thomas Newton Martin³
Fernando Machado dos Santos⁴ Edinalvo Rabaioli Camargo⁴

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a influência dos componentes de produção de arroz no rendimento de grãos através da análise de trilha, avaliaram-se 88 genótipos de arroz em quatro anos agrícolas. Em cada ano, os experimentos foram conduzidos no delineamento em blocos completos casualizados, com quatro repetições. As variáveis analisadas foram: estatura de plantas, rendimento de grãos, esterilidade de espiguetas, número de grãos por panícula, massa de mil grãos e rendimento de engenho. As análises de variância, correlação e de trilha (Path Analysis) foram realizadas para cada variável, utilizando-se o programa computacional GENES. Os genótipos avaliados apresentaram diferenças significativas para todas as variáveis analisadas, nos quatro anos de experimento. A seleção de variáveis deve ser realizada em grupos de cultivares semelhantes entre si e a utilização de um maior número de variáveis possibilita melhores inferências sobre os componentes da produção do arroz. A massa de grãos é o componente de produção que mais afeta o rendimento da cultura do arroz.

Palavras-chave: análise de caminhamento, seleção de variáveis, *Oryza sativa* L.

ABSTRACT

Eighty eight rice genotypes were evaluated during four years aiming to study the relationship among yield components. In each year, the experimental design was a completely randomized block design with four replications and the variables studied were: plant height, seed yield, spikelet sterility, number of seeds per panicle, 1000 seeds weight and head grains. The estimation of correlations and the path coefficient analysis were conducted with the GENES software.

The genotypes showed significant variability for all the variables analyzed within each one of years. It was concluded that variable selection must be carried out among the cultivars that are more similar and using a greater number of variables allows better inferences about rice yield components. Grain weight was the yield of component that most affected seed yield rice plants.

Key words: path coefficient analysis, variables selection, *Oryza sativa* L.

INTRODUÇÃO

O arroz é um dos principais cereais cultivados no Brasil, respondendo por cerca de 1,8% da produção mundial de arroz e por 52% da produção do cereal na América do Sul (AZAMBUJA, 2004). As produções de arroz têm evoluído anualmente. Parte desta evolução deve-se ao melhor ambiente em que está se inserindo a cultura, que corresponde a melhorias no manejo do solo, juntamente com a adequada utilização de insumos. Melhoramento das técnicas de cultivo e evolução em programas de melhoramento que disponibilizam cultivares mais adaptadas aos ambientes e, consequentemente, mais produtivas, também são responsáveis pelo acréscimo anual da produção de arroz no Brasil. Segundo o IRGA (2004), o potencial genético de produção das atuais cultivares de arroz se encontra entre 10 e 12 t ha⁻¹.

¹Marchezan, pesquisador do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Martin e Camargo, bolsistas do CNPq. Santos, bolsista do Fundo de Incentivo à Pesquisa (Fipe).

²Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: emarch@ccr.ufsm.br

³Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Brasil. E-mail martin@esalq.usp.br. Autor para correspondência

⁴Curso de Agronomia da UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

A produtividade da cultura de arroz é definida por seus componentes: número de panículas m^{-2} , número de grãos por panícula e massa de mil grãos (COSTA et al., 2000). MARCHEZAN (1994) acrescenta ainda que esta última é uma característica mais estável que os demais componentes, pois o tamanho do grão é fisicamente limitado pela lema e pálea. A arquitetura das plantas de arroz interfere diretamente na produção de grãos, devido ao melhor aproveitamento da luz e nutrientes. As plantas classificam-se, quanto à sua arquitetura, em tipo tradicional, tipo intermediário e moderno-filipino. Neste último tipo de arquitetura de plantas, estão a maioria das cultivares utilizadas atualmente, sendo também as que possuem o maior potencial produtivo e resistência ao acamamento (TERRES et al., 2004).

Nos programas de melhoramento genético de cada cultura, a correlação entre as variáveis é importante quando se deseja realizar a seleção simultânea entre as características ou quando o caractere de interesse apresenta baixa herdabilidade ou difícil mensuração ou identificação. Para a solução desse problema, utiliza-se a seleção com base em uma característica de fácil avaliação que está altamente correlacionada com a variável de difícil seleção. Utiliza-se a correlação entre caracteres, pois, através do conhecimento da magnitude do desempenho de uma característica, pode-se avaliar a influência sobre a outra característica. Porém, podem ocorrer alguns equívocos nas estratégias de seleção das características avaliadas a partir da quantificação da magnitude das correlações entre as variáveis. A alta correlação entre dois caracteres pode ser resultado do efeito de um terceiro sobre eles, ou de um grupo de caracteres (CRUZ & REGAZZI, 1994).

Para entender melhor as associações entre diferentes caracteres, WRIGHT (1921) propôs um método de desdobramento das correlações estimadas em efeitos diretos e indiretos das variáveis sobre uma variável básica. Este método é denominado análise de trilha, análise de caminho ou análise de caminhamento ("Path analysis"). DEWEY & LU (1959) foram os primeiros pesquisadores a utilizar esta metodologia em plantas. Os mesmos autores destacam que os métodos de correlação linear e regressão múltipla foram os primeiros métodos a serem utilizados nas análises de componentes de rendimento, no entanto, a análise de trilha pode detectar alguns efeitos diretos ou indiretos que atuam sobre o rendimento, que produzem associações particulares. Este método avalia o efeito de uma variável independente (x) sobre uma variável dependente (y),

de forma que as outras variáveis (X_i) não possuam influência sobre esse efeito.

Em estudos recentes, mesmo sendo limitados, têm-se utilizado como parâmetros para estimar o rendimento da cultura do arroz, o número de plantas por hectare, o número de panículas por planta, o número de grãos por panícula e a massa de grãos por panícula.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar, através da análise de trilha, a influência dos componentes de produção de arroz que mais afetam o rendimento de grãos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados experimentais utilizados provieram dos ensaios de competição de genótipos de arroz coordenado pelo Instituto Riograndense do Arroz (IRGA), dos anos agrícolas de 1999/2000, 2000/2001, 2001/2002 e 2002/2003. Os ensaios foram conduzidos no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), (latitude: 29°43'23" S, longitude: 53°43'15" W e altitude: 95m). A área está situada na região fisiográfica da Depressão Central do estado do Rio Grande do Sul e o seu clima é caracterizado, segundo a classificação de Köppen, como Cfa: subtropical úmido, sem estação seca, com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C (MORENO, 1961). O solo é classificado como Planossolo Hibromórfico eutrófico arênico, pertencente à Unidade de Mapeamento Vacacaí (EMBRAPA, 1999). Os experimentos foram conduzidos no sistema de cultivo convencional com inundação. Foram avaliados 20 genótipos em cada um dos dois primeiros anos (1999/2000 e 2000/2001) e 24 genótipos em cada um dos dois últimos anos (2001/2002 e 2002/2003). Os genótipos avaliados em todos os anos não são exatamente os mesmos, devido à inclusão e exclusão de alguns materiais.

A adubação de base foi realizada a lanço e em concordância com as Recomendações de Adubação e Calagem para a Cultura do Arroz nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO RS/SC, 1995). No ano agrícola de 1999/2000, foram aplicados 15 kg ha^{-1} de N, 75 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 75 kg ha^{-1} de K_2O . Para os anos de 2000/2001 e 2001/2002, a adubação consistiu em 10 kg ha^{-1} de N, 40 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 40 kg ha^{-1} de K_2O . No último ano (2002/2003), foram aplicados 16 kg ha^{-1} de N, 64 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 96 kg ha^{-1} de K_2O . A adubação de cobertura consistiu em 90 kg ha^{-1} de N para os quatro anos de experimento, aplicando-se a

metade da dose no início do perfilhamento e o restante na iniciação do primórdio floral, na forma de uréia.

As semeaduras foram realizadas de forma mecanizada nos dias 17/11/1999, 20/11/2000, 21/11/2001 e 15/11/2002, na densidade média de 150 kg de sementes ha^{-1} . Quanto ao controle de plantas infestantes, foram aplicados os herbicidas Propanil e Clomazone, em 24 dias após a semeadura, no primeiro ano de experimento; Propanil e Azimsulfuron, em 29 dias após a semeadura, no segundo ano; Quinclorac em 21 dias e Azimsulfuron em 29 dias após a semeadura, no terceiro ano de experimento e Clomazone, Propanil, e Quinclorac, em 18 dias após a semeadura para o último ano de experimento.

Os experimentos foram conduzidos no delineamento em blocos completos casualizados, com quatro repetições. As unidades experimentais mediam 5m x 2m (10m²) e com área útil para estimativa do rendimento de grãos de 3m x 1,5m (4,5m²). As variáveis analisadas foram: estatura de plantas, determinada por ocasião da colheita, medindo-se em centímetros da superfície do solo até o ápice da panícula, desconsiderando-se a arista (EP), rendimento de grãos ajustados para 13% de umidade (RG), percentual de esterilidade de espiguetas (EE), número de grãos por panícula (GP), massa de mil grãos (MMG) e rendimento de engenho (RE). As pressuposições do modelo matemático ($Y_{ij} = m + b_j + t_i + e_{ij}$) foram verificados segundo os seguintes testes: teste de não-aditividade de Tukey (aditividade do modelo matemático), teste de seqüências (aleatoriedade dos erros estimados), teste de Bartlett (homogeneidade da variância dos erros estimados entre os genótipos) e teste de normalidade de Lilliefors (normalidade da distribuição dos erros estimados), para todas as variáveis, conforme aplicações de MARQUES (1999). As transformações utilizadas foram a $\log(y)$ e $1/\sqrt{y}$. As análises de variância, correlação de Pearson e de caminhamento (Path Analysis) foram realizadas para cada variável utilizando-se o programa computacional GENES (CRUZ, 1997), sendo utilizada a matriz de correlação genotípica para obtenção dos efeitos diretos e indiretos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todos os experimentos, as plantas apresentaram desenvolvimento satisfatório, pois os tratos culturais foram conduzidos de modo que plantas infestantes, pragas e doenças não influenciassem no desenvolvimento das plantas de arroz. A média do rendimento de grãos foi de 8.140 kg ha^{-1} , sendo

superior à produção média da cultura no RS, nos anos agrícolas de execussão, que foi de 5,11 t ha^{-1} (CONAB, 2004).

Quanto aos pressupostos do modelo matemático avaliados, verificou-se nos três primeiros anos, que a variável esterilidade de espiguetas violou as pressuposições da homogeneidade de variância do erro e aditividade do modelo e os dados originais sofreram transformação logarítmica. No último ano, as variáveis estatura de plantas e rendimento de grãos violaram a pressuposição de aditividade do modelo e foram transformados com $1/\sqrt{y}$. As variáveis número de grãos por panícula e massa de mil grãos (2002/2003) não apresentaram homogeneidade de variância dos erros e a transformação logarítmica foi utilizada. As variáveis após sofrerem as transformações, atenderam as pressuposições do modelo.

Os genótipos apresentaram diferenças significativas a 5% de probabilidade de erro em relação a todas as variáveis (Tabela 1). Quanto à significância do efeito de blocos, houve alternância de resultados para as variáveis analisadas nos quatro anos, o que indica a necessidade da utilização de tal delineamento em experimentos de competição de cultivares de arroz. Os reduzidos valores dos erros experimentais conferiram precisões experimentais altas e muito altas, quando comparados com os critérios propostos por LÚCIO et al. (1999). A multicolinearidade foi fraca para as combinações de variáveis realizadas, garantindo-se assim confiabilidade aos resultados obtidos, de modo que as variâncias associadas aos coeficientes de trilha não atinjam valores demasiadamente altos (CARVALHO, 1995). Dessa forma, as observações amostrais das variáveis explicativas ou suas combinações lineares não são correlacionadas.

A variável estatura de planta (EP), apresentou uma relação causa efeito com a variável rendimento de grãos, onde o efeito direto é positivo (1999/2000, 2000/2001 e 2001/2002) sendo mais eficiente para o aumento no rendimento, nesses anos. Porém, no ano agrícola 2002/2003 e no geral isto não se verificou. No primeiro ano de avaliação (1999/2000), como o efeito direto das variáveis esterilidade de espiguetas (EE) e rendimento de engenho (RE) apresentou efeito direto negativo, esses caracteres não são determinantes, indicando que a característica estatura de plantas tende a ser mais favorável. Certamente o rendimento de engenho é mais influenciado por eventos climáticos transcorridos durante a execução dos experimentos do que da influência das variáveis fitomorfológicas (Tabela 2). Segundo PEREIRA & RANGEL (2001) o rendimento

Tabela 1 - Quadrados médios para as fontes de variação (FV) das variáveis estatura de planta (EP), rendimento de grãos (RG), esterilidade de espiguetas (EE), número de grãos por panícula (GP), massa de mil grãos (MMG), rendimento de engenho (RE), coeficiente de variação experimental (CV%), médias para os quatro anos agrícolas (1999/2000 a 2002/2003) e na análise geral. UFSM, Santa Maria, RS, 2004.

FV	Gl / Var	EP (cm)	RG (t ha ⁻¹)	EE (%)	GP	MMG (g)	RE (%)
1999/2000							
Bloco	3	177,1725*	0,4927 ^{ns}	0,0752 ^{ns}	---	---	1,2400 ^{ns}
Genótipo	19	86,6655*	3,6847*	0,7416*	---	---	58,6100*
Resíduo	57	5,9996	0,2926	0,0591	---	---	2,5850
Média		83,80	8,750	13,73	---	---	61,25
CV%		2,92	6,18	9,68	---	---	2,63
2000/2001							
Bloco	3	27,0450 ^{ns}	0,8048 ^{ns}	0,0469 ^{ns}	694,4830*	5,4160*	2,6150*
Genótipo	19	85,4300*	1,0269*	0,3985*	423,5080*	9,3653*	24,3870*
Resíduo	57	15,6200	0,2981	0,0955	175,1660	1,0600	1,4660
Média		85,39	8,486	10,01	90,92	27,48	62,69
CV%		4,63	6,43	13,90	14,56	3,75	1,93
2001/2002							
Bloco	3	45,1660*	5,8850*	0,2151 ^{ns}	565,7800 ^{ns}	0,7326 ^{ns}	---
Genótipo	23	20,2753*	3,3130*	0,5314*	606,9450*	7,0500*	---
Resíduo	69	10,9850	0,6540	0,1080	159,0990	1,4500	---
Média		81,21	9,90	10,43	84,99	27,78	---
CV%		4,08	8,17	14,67	14,84	4,33	---
2002/2003							
Bloco	3	0,000003 ^{ns}	0,0413*	6,7882 ^{ns}	0,0056 ^{ns}	0,0033 ^{ns}	0,7703 ^{ns}
Genótipo	23	0,000013*	0,0035*	76,4995*	0,0643*	0,0048*	2,2659*
Resíduo	69	0,000009	0,0012	16,2085	0,0206	0,0026	0,3722
Média		82,83	5,580	16,36	91,54	24,41	67,70
CV%		2,68	8,14	24,60	3,19	1,58	0,90
Análise Geral							
Média		83,19	8,14	12,70	89,05	26,50	64,12
CV%		4,39	10,11	26,52	15,12	4,47	1,86

¹ variáveis não avaliadas;

* e ^{ns}: significativo e não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, respectivamente.

de engenho é uma característica correlacionada com o tamanho e forma dos grão, sendo altamente influenciada por fatores como atraso na colheita, alta temperatura e pouca umidade durante a fase de maturação, e com os processos de pós colheita, como secagem e armazenamento.

No segundo ano de avaliação (2000/2001), as correlações das variáveis estatura de planta (EP), rendimento de engenho (RE), esterilidade de espiguetas (EE) e massa de mil grãos (MMG) apresentaram causa e efeito com a variável rendimento de grãos, demonstrando que os efeitos diretos elevados indicam uma grande contribuição na seleção para o aumento do rendimento (Tabela 2). Os maiores efeitos diretos foram apresentados pelas variáveis EP (0,64), RE (0,52), EE (0,21) e MMG (0,10), indicando que a seleção indireta passa a ser eficiente. Já ZAFFARONI

& SCHENEITER (1991), ao avaliar a cultura do girassol, verificaram que o efeito direto da população foi mascarado pelo efeito negativo do número de sementes por capítulo e massa de grãos, resultando em um baixo coeficiente de correlação.

No terceiro ano de avaliação (2001/2002), as variáveis estatura de planta, número de grãos por panícula e massa de mil grãos apresentaram correlação positiva de causa e efeito direto com a variável rendimento de grãos, além disso, sugere que a seleção indireta deve ser eficiente, pois os efeitos diretos também contribuíram através de vias indiretas para o aumento do rendimento de grãos. Nesse ano, as variáveis que tiveram efeito direto positivo foram GP (0,63), MMG (0,50) e EP (0,12).

No último ano de avaliação (2002/2003), as variáveis que apresentaram o maior efeito total

Tabela 2 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos entre a variável rendimento de grãos com a estatura de planta, esterilidade de espiguetas, número de grãos por panícula, massa de mil grãos, rendimento de engenho e coeficiente de determinação multivariado (R^2), em cada ano avaliado e na análise geral. UFSM, Santa Maria, RS, 2004.

anos	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2002/2003	Geral
Efeitos	Estatura de Plantas				
Direto sobre RG	0,2223	0,6389	0,1153	-0,5982	-0,0634
Indireto via EE	-0,0625	0,0561	0,0710	0,2385	0,0008
Indireto via GP	---	-0,2478	0,3762	0,9685	0,05207
Indireto via MMG	---	0,0026	-0,0910	-0,0013	-0,0067
Indireto via RE	0,1117	-0,0624	---	0,0203	0,06651
TOTAL (Cor. Pearson)	0,2715	0,3873	0,4716	0,6279	0,0493
Efeito da variável residual	0,68				
Esterilidade de Espiguetas					
Direto sobre RG	-0,5882	0,2083	-0,5584	0,4692	-0,3031
Indireto via EP	0,0237	0,1720	-0,0146	-0,3040	0,0002
Indireto via GP	---	0,0126	0,1326	0,0019	0,01811
Indireto via MMG	---	0,0253	0,2906	-0,0242	-0,1814
Indireto via RE	0,0814	-0,0809	---	-0,1065	-0,0593
TOTAL (Cor. Pearson)	-0,4831	0,3372	-0,1498	0,0364	-0,5256
Efeito da variável residual	0,53				
Número de Grãos por Panícula					
Direto sobre RG	---	-0,5654	0,6253	-1,1925	0,1375
Indireto via EP	---	0,2800	0,0694	0,4858	-0,0240
Indireto via EE	---	-0,0046	-0,1184	-0,0007	-0,0399
Indireto via MMG	---	-0,0407	-0,1407	0,0412	-0,1828
Indireto via RE	---	0,0076	---	-0,0429	-0,0539
TOTAL (Cor. Pearson)	---	-0,3231	0,4356	-0,7091	-0,1632
Efeito da variável residual	0,77				
Massa de Mil Grãos					
Direto sobre RG	---	0,1002	0,5050	-0,0768	0,5369
Indireto via EP	---	0,01686	-0,02078	-0,0105	0,0008
Indireto via EE	---	0,05255	-0,3214	0,1477	0,1024
Indireto via GP	---	0,2297	-0,1742	0,64038	-0,0468
Indireto via RE	---	0,2297	---	-0,2176	0,1331
TOTAL (Cor. Pearson)	---	0,6290	-0,0115	0,4831	0,7264
Rendimento de Engenho					
Direto sobre RG	-0,4604	0,5211	---	-0,3729	-0,2777
Indireto via EP	-0,0539	-0,0766	---	0,0327	0,0152
Indireto via EE	0,1040	-0,0324	---	0,1340	-0,0648
Indireto via GP	---	-0,0083	---	-0,1373	0,0267
Indireto via MMG	---	-0,0319	---	-0,0449	-0,2573
TOTAL (Cor. Pearson)	-0,4103	0,3719	---	-0,3885	-0,5580
Efeito da variável residual	0,64				
R^2	0,53	0,72	0,40	0,59	0,68

positivo com o rendimento de grãos foram a EP e MMG, o que sugere que a seleção direta deva ser eficiente. Porém os caracteres da correlação direta sobre as variáveis foram negativos, indicando assim que o caractere auxiliar não é determinante e que os outros caracteres são mais eficientes. ZAFFARONI et al. (1998) discutem que o número de plantas por hectare aumenta o rendimento até um certo limite, pois existe

um obstáculo natural determinado pelas variáveis número de panículas por planta, número de grãos por panícula e massa de mil grãos, que se relaciona negativamente com a primeira variável. Para BLANCO et al. (1993), que utilizou duas cultivares de arroz, as variáveis número de grãos por panícula e massa de mil grãos foram as variáveis que mais influenciaram no rendimento de grãos.

Na presença ou ausência de determinadas variáveis, o comportamento de causa e efeito das variáveis sobre o rendimento de grãos é alterado, muitas vezes também modificando sensivelmente as conclusões a respeito dos efeitos de seleção de variáveis em programas de melhoramento. Devido a este fato, realizou-se a análise geral dos quatro experimentos utilizando todas as variáveis.

A análise geral indicou que a variável massa de mil grãos possui correlação alta e o maior efeito direto positivo com o rendimento de grãos. A variável EP não apresenta correlação total positiva, mas muito próximo à nulidade, indicando que a variável auxiliar pode não proporcionar ganhos satisfatórios na variável RG. Dessa forma, indica-se a seleção simultânea de caracteres com ênfase nos efeitos indiretos significativos (CRUZ & REGAZZI, 1994).

Os coeficientes de determinação multivariados (R^2) variaram de 0,40 (2001/2002) até 0,72 (2000/2001). Apesar de não existir uma classificação preestabelecida para esses valores, considera-se estes valores como intermediários, que certamente seriam superiores se fossem avaliados grupos similares de genótipos em anos agrícolas como condições mais homogêneas.

Em estudos conduzidos por ZAFFARONI et al. (1998) com nove cultivares de arroz em um ano de avaliação, concluiu-se que o número de grãos por panícula e a massa de mil grãos são os componentes de rendimento que mais influenciaram no rendimento de grãos. Autores como MARTINS et al. (1991) e PEDROSO & GIORGI (1993) indicam que existe uma compensação na massa de mil grãos quando ocorre um decréscimo na densidade de semeadura e um menor número de panículas por área.

Os resultados obtidos neste trabalho apresentam discordância quanto aos efeitos diretos e indiretos, para os diversos anos. Provavelmente, por se estar avaliando um grande número de genótipos em diversos anos agrícolas, ocorreu uma sobreposição dos efeitos. Desta forma, recomenda-se o agrupamento de materiais semelhantes quanto às variáveis morfofisiológicas, de modo a se obter as influências dos componentes de produção para cada grupo cultivado de arroz. E posteriormente, sejam utilizados os genótipos mais promissores para os cruzamentos.

CONCLUSÃO

A massa de mil grãos é o componente de produção com maior efeito no aumento do rendimento da cultura do arroz. Em contrapartida, a esterilidade de espiguetas é o componente do rendimento mais

influente na redução do rendimento de grãos de arroz. Sendo que estas duas variáveis devem ser priorizadas em programas de melhoramento da cultura.

REFERÊNCIAS

- AZAMBUJA, I.H.V. et al. Aspectos socioeconômicos da produção de arroz. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. de (Ed). *Arroz irrigado no sul do Brasil*. Brasília, DF: Embrapa, 2004. p.23-44.
- BLANCO, P.H. et al. Análisis del crecimiento y componentes de rendimiento en cultivares de arroz. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. *Anais...* Pelotas : Embrapa - CPACT, 1993. p.74-77.
- CARVALHO, S.P. de. *Métodos alternativos de estimação de coeficientes de trilha e índices de seleção, sob multicolinearidade*. Viçosa : UFV, 1995. p.163.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC. *Recomendações de adubação e calagem para o estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 3.ed. Passo Fundo: SBCC – Núcleo Regional Sul, EMBRAPA/CNPT, 1995. p.223.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. *Safras*. Séries históricas. Acesso em 22 de novembro de 2004. On line. Disponível em: (<http://www.conab.gov.br>).
- COSTA, E.G.C. et al. Características agronômicas da cultura principal e da soca de arroz irrigado. *Ciência e Agrotecnologia*, v.24, n.05, p.15-24, 2000.
- CRUZ, C.D. *Programa Genes: aplicativo computacional em genética e estatística*. Viçosa: UFV, 1997. p.442.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa : UFV, 1994. p.390.
- DEWEY, D.R.; LU, K.H. A correlation path coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. *Agronomy Journal*, Madison, v.51, p.515-518, 1959.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Sistema brasileiro de classificação dos solos*. Brasília : Embrapa-SPI, 1999. p.412.
- IRGA – Instituto Riograndense do Arroz. *Arroz RS – O Programa da Produtividade*. Acesso em 19 de agosto de 2004. Online. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/arrozrs.htm>.
- LÚCIO, A.D. et al. Classificação dos experimentos de competição de cultivares quanto a sua precisão. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v.5, v.1, p.99-103, 1999.
- MARCHEZAN, E. Avaliação de rendimento de engenho de arroz. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, v.47, n.415, p.23, 1994.
- MARQUES, D.G. *As pressuposições e a precisão dos ensaios de competição de cultivares de milho no estado do Rio Grande do Sul*. 1999. 42f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria.
- MARTINS, J.F.S. et al. Densidade de semeadura e espaçamento entre linhas para o arroz irrigado cultivado no sistema de

- plantio direto. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 1991, Camboriú. **Anais...** Balneário Camboriú: EPAGRI, 1991. p.99-101.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. p.41.
- PEDROSO, B.A.; GIORGI, I.V. Avaliação da cultivar IRGA 416 em seis épocas e três densidades de semeadura. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa - CPACT, 1993. p.109-111.
- PEREIRA, J.A.; RANGEL, P.H.N. Produtividade e qualidade de grãos de arroz irrigado no Piauí. **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, n.3, p.569-575, 2001.
- TERRES, A.L.S. et al. Melhoramento genético e cultivares de arroz irrigado. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. de (Ed). **Arroz irrigado no sul do Brasil.** Brasília, DF: Embrapa, 2004. p.23-44.
- WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, v.20, p.557-585, 1921.
- ZAFFARONI, E.; SCHNEITER, A.A. Sunflower production as influenced by plant type, plant population and row arrangement. **Agronomy Journal**, v.83, p.113-118, 1991.
- ZAFFARONI, E. et al. Análise de caminho nos componentes do rendimento de genótipos de arroz no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.1, p.43-48. 1998.

Épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado no sistema convencional de semeadura de arroz irrigado¹

Nitrogen fertilizer application times on conventional irrigated rice system

**Victor Marzari² Enio Marchezan³ Leandro Souza da Silva⁴ Sidnei Kuster Ranno⁵
Fernando Machado dos Santos⁶ Edinalvo Rabaiolo Camargo⁶**

- NOTA -

RESUMO

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes mais importantes às plantas, mas a eficiência da adubação nitrogenada é reduzida pelos ciclos de oxidação e redução que ocorrem durante o cultivo de arroz irrigado por inundação, o que está relacionado com o modo de aplicação do fertilizante nitrogenado. O objetivo deste experimento foi avaliar diferentes épocas de aplicação e proporções da dose do fertilizante nitrogenado para o sistema convencional de produção de arroz irrigado em um Planossolo Hidromórfico no município de Santa Maria (RS). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com seis repetições e seis tratamentos: T1 - testemunha sem N; T2 - 45 kg ha⁻¹ de N no início do perfilhamento (IP) e 45 kg ha⁻¹ de N no início da diferenciação da panícula (IDP); T3 - 90 kg ha⁻¹ de N na semeadura; T4 - 45 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 45 kg ha⁻¹ de N no IP; T5 - 45 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 45 kg ha⁻¹ de N no IDP; T6 - 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura, 30 kg ha⁻¹ de N no IP e 30 kg ha⁻¹ no IDP, utilizando-se uréia como fonte de N. Foram avaliados a produção de matéria seca, o teor de N no tecido e a quantidade de N absorvido em 4 épocas (no IP; aos 15 dias após a primeira aplicação de N em cobertura; no IDP; e na floração) e o rendimento de grãos. Os parâmetros avaliados durante o ciclo variaram em função da época de coleta e das quantidades de N aplicadas em cada tratamento. Entretanto, não houve diferença significativa no rendimento de grãos, inclusive para a testemunha, o que significa alta disponibilidade de N no solo. Nestas condições, não há efeito da época de aplicação e proporção da dose do fertilizante nitrogenado.

Palavras-chave: uréia, nitrogênio, parcelamento de N, eficiência da adubação.

ABSTRACT

Nitrogen (N) is the most important nutrient to establish rice crop yield, but its dynamics on oxidations and reductions soil conditions in conventional flooded rice system can improve N losses, that is related with time and quantities of N application. The objective of this experiment was to evaluate different times and quantities of N application in a conventional rice system in a "Planossolo Hidromórfico" (Typic Albaqualf) soil in Santa Maria, Rio Grande do Sul state. The experimental design was in random blocs with six replications and six treatments: T1 - without N application; T2 - 45 kg ha⁻¹ of N in beginning of tillering (BT) and 45 kg ha⁻¹ of N at beginning of the panicle differentiation (BPD); T3 - 90 kg ha⁻¹ of N in seeding; T4 - 45 kg ha⁻¹ of N in seeding and 45 kg ha⁻¹ of N in BT; T5 - 45 kg ha⁻¹ of N in seeding and 45 kg ha⁻¹ of N in BPD; T6 - 30 kg ha⁻¹ of N in seeding, 30 kg ha⁻¹ of N in BT and 30 kg ha⁻¹ in BPD, with urea as N source. It was evaluate dry matter production, N content, and N absorbed in four evaluations (BT; 15 days after first N application; BPD; and flowering), and grain yield. Parameters evaluated during rice cycle were different depending time and quantity of N application in each treatment. However, there was not difference in rice grain yield among treatments, including without N application, that appoint high soil nitrogen availability. In this condition, there is not effect of time and quantity of N fertilizer.

Key words: urea, nitrogen, N splitting, and fertilizer efficiency.

¹Marchezan, pesquisador do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

²Secretaria da Agricultura, Dona Francisca, RS, Brasil.

³Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: emarch@ccr.ufsm.br. Autor para correspondência.

⁴Departamento de Solos, CCR, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

⁵Pesquisador da Fundação MS, Maracaju, MS, Brasil.

⁶Programa de Pós-graduação em Agronomia, CCR, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

Dos nutrientes essenciais às plantas, o nitrogênio (N) está entre os requeridos em maior quantidade, sendo considerado um importante fator para determinar o potencial de produção do arroz (MARUMOTO, 1986). A atual recomendação de nitrogênio em cobertura para o arroz irrigado no RS e SC preconiza aplicação em duas épocas, sendo a primeira no início do perfilhamento, e a segunda no início da diferenciação do primôrdio floral (SOSBAI, 2003). Entretanto, a resposta do arroz a épocas de aplicação de N tem sido contraditória, com algumas indicando maior eficiência para aplicação na fase inicial da cultura, especialmente quando a disponibilidade do nutriente é baixa como em solos arenosos e de baixa matéria orgânica, e outros para aplicação próxima da fase reprodutiva, quando a planta tem sistema radicular bem desenvolvido e maior eficiência na absorção de N (SCIVITTARO & MACHADO, 2004). Segundo estes autores, aplicação de N em cobertura próxima ao início da diferenciação do primôrdio floral tem sido mais favorável, o que não exclui a possibilidade de melhores resultados com outras estratégias de aplicação.

Parte desta variação nos resultados de campo quanto às épocas de aplicação de fertilizantes nitrogenados pode ser devido ao fato de que o ciclo do N no cultivo do arroz está sujeito a uma complexa ordem de mecanismos regulatórios, que envolvem fatores físico-químicos, biológicos e, principalmente, reações redox (PATRICK JR., 1982; STEVENSON, 1982). De acordo com esses autores, o N originado da mineralização da matéria orgânica do solo ou da dissolução da uréia é mineralizado à formas inorgânicas, NH_3 e NH_4^+ , que estão em equilíbrio químico dependente principalmente do pH do solo, conforme a reação $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$. Dessa forma, dependendo das condições edafoclimáticas, parte do N liberado pode ser perdida por volatilização da amônia. Em aerobiose, o NH_4^+ resultante desse equilíbrio pode ser retido na CTC do solo, absorvido pelas plantas, imobilizado na biomassa microbiana e sofrer nitritação (oxidação a NO_2^-) seguida de nitratação (oxidação a NO_3^-). Entretanto, com a entrada de água para a irrigação do arroz, a transformação do NH_4^+ em NO_3^- é interrompida pela ausência de bactérias capazes de atuar nesse processo em condições anaeróbias, acumulando NH_4^+ , e o NO_3^- existente no solo poderá ser lixiviado, caso exista percolação da água no perfil do solo, ou reduzido, se utilizado como receptor final de elétrons pela biomassa microbiana anaeróbia, sofrendo denitrificação a N_2O ou N_2 , que são formas voláteis e resultam em outro tipo de perda de N do solo.

Portanto, o N aplicado no solo via fertilizantes nitrogenados está sujeito a diversas transformações e a intensidade destas transformações define a disponibilidade de N às plantas. Dessa forma, a época de aplicação do fertilizante nitrogenado e a quantidade aplicada em cada época serão determinantes para intensidade de cada processo de perda e, consequentemente, estabelecer a eficiência da adubação (PENG et al., 1996; BREDEMEIER & MUNDSTOCK, 2000). O objetivo deste estudo foi avaliar diferentes épocas de aplicação e proporções da dose do fertilizante nitrogenado para o sistema convencional, visando identificar a melhor estratégia para aplicação de N na produção de arroz irrigado.

O experimento foi realizado entre outubro de 2002 e abril de 2003 na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, em um Planossolo Hidromórfico Eutrófico arênico (EMBRAPA, 1999), cujas características químicas eram: matéria orgânica= 1,4%; argila= 21%; $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})= 4,9$; índice SMP= 5,9; P= 4,8 mg dm⁻³; e K= 40 mg dm⁻³. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com seis repetições em parcelas de 2 x 6m e seis tratamentos: T1 - testemunha sem nitrogênio; T2 - 45 kg ha⁻¹ de N no início do perfilhamento (IP) e 45 kg ha⁻¹ de N no inicio da diferenciação da panícula (IDP); T3 - 90 kg ha⁻¹ de N na semeadura; T4 - 45 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 45 kg ha⁻¹ de N no IP; T5 - 45 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 45 kg ha⁻¹ de N no IDP; e T6 - 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura, 30 kg ha⁻¹ de N no IP e 30 kg ha⁻¹ no IDP; utilizando-se uréia como fonte de N.

Para a instalação do experimento, a área sistematizada a 6 anos e cultivada anualmente com arroz irrigado, foi preparada com gradagem e a passagem de uma aplainadora do solo. A semeadura foi realizada no sistema convencional com semeadora-adubadora apropriada e espaçamento entre linhas de 0,17cm. O cultivar de arroz irrigado utilizado foi a IRGA 417 na densidade de 150 kg ha⁻¹ de sementes. A adubação com P e K foi realizada por ocasião da semeadura na quantidade de 60 kg ha⁻¹ de P_2O_5 e 80 kg ha⁻¹ de K_2O . Aos vinte dias após a semeadura, foi realizado o controle de plantas daninhas com os herbicidas propanil (1,4 kg i.a. ha⁻¹) e quinclorac (0,6 kg i.a. ha⁻¹) e, em seguida, efetuada a irrigação mantendo-se a lâmina de água de aproximadamente 10 cm até o final do ciclo da cultura. A adubação nitrogenada foi realizada com aplicação de uréia à lanço e de acordo com os tratamentos.

Em quatro épocas (no IP e antes da primeira aplicação de N; aos 15 dias após a primeira aplicação de N em cobertura; na IDP; e na floração), foram

avaliadas a produção de matéria seca com a coleta de plantas em um metro linear por parcela, determinado o teor de N no tecido de acordo com a metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995), e calculado o N absorvido pela parte aérea das plantas. Ao final do cultivo, o rendimento de grãos foi determinado colhendo-se manualmente uma área útil de 6,8 m² em cada parcela sendo que, após a trilhagem e limpeza, a massa de grãos foi corrigida para 13% de umidade. Foi realizada a análise de variância ($P<0,05$) dos parâmetros avaliados e, quando significativo, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

A produção de matéria seca entre os tratamentos foi significativamente diferente nas três primeiras épocas de avaliação (Tabela 1). No início do perfilhamento e 15 dias após a primeira aplicação de N em cobertura, houve maior produção de matéria seca nos tratamentos que receberam a maior quantidade de uréia na semeadura e na primeira aplicação (T3 e T4), consequência da maior disponibilidade de N na fase vegetativa inicial da cultura proporcionada pela adubação. Já na floração, além de T3 e T4, o tratamento T6 também apresentou maior produção de matéria seca. Embora este tratamento tenha recebido doses equivalentes de N distribuídas nas três épocas de aplicação, as aplicações de N em cobertura permitiram produção de matéria seca equivalente ao arroz que recebeu as maiores doses na fase inicial de cultivo. Resposta da planta em matéria seca tem sido relacionada à quantidade de N aplicada para o arroz, o que reflete maior disponibilidade do nutriente, mas sua correspondente transformação em rendimento de grãos nem sempre tem sido obtida, o que pode estar relacionado com a perda de capacidade de utilização da radiação solar pelo auto-sombreamento das folhas e aumento da suscetibilidade a doenças fúngicas (SILVA et al., 2003; SCIVITTARO & MACHADO, 2004).

O teor de nitrogênio no tecido da planta também foi influenciado pela época de aplicação do fertilizante nitrogenado, e os maiores valores estão associados as maiores quantidades de N aplicadas antecedendo a época da avaliação (Tabela 1). Cabe salientar que, na floração, o teor de N na testemunha sem aplicação de N não diferiu dos demais tratamentos com aplicação de N. Comportamento similar foi observado em relação à quantidade de nitrogênio absorvido pelas plantas (Tabela 1), que variou conforme o momento de aplicação e a dose em cada tratamento aplicadas antecedendo as épocas de avaliação. Entretanto, também não houve diferença na quantidade de N absorvida pelas plantas na floração

Tabela 1 - Produção de matéria seca, teor de N no tecido e quantidade de N absorvido em 4 épocas durante o ciclo e o rendimento de grãos de arroz irrigado com diferentes épocas de aplicação e proporção de doses do fertilizante nitrogenado no sistema de convencional de semeadura, Santa Maria, RS, safra 2002/2003.

Tratamentos	Época de avaliação			
	IP	15 DAPN	IDP	FL
Matéria seca (kg ha ⁻¹)				
T1	203 c	400 d	4447 ^{ns}	8400 c
T2	245 c	933 c	4820	10533 b
T3	1168 a*	2160 a*	4900	13307 a
T4	968 ab	1893 ab	4380	13882 a*
T5	752 b	1200 bc	4447	10586 b
T6	752 b	1413 c	4833	12940 a
Média	681	1333	4638	11608
CV%	21,0	19,1	13,0	7,6
Nitrogênio no tecido (g 100g ⁻¹)				
T1	2,02 c	4,12 c	3,20 b	2,17 ab
T2	2,01 c	6,63 a*	3,55 ab	2,38 a*
T3	2,54 ab	2,84 d	2,70 c	2,09 ab
T4	2,65 a*	5,29 b	2,69 c	1,86 b
T5	2,22 bc	2,78 d	3,80 a*	2,26 a
T6	2,02 c	4,22 c	3,52 ab	2,26 a
Média	2,24	4,31	3,24	2,17
CV%	4,2	3,4	4,1	4,1
Nitrogênio absorvido (kg ha ⁻¹)				
T1	4,1 c	16,5 c	142,5 ab	183,1 b
T2	4,9 c	62,2 b	169,7 a	252,1 a
T3	29,4 a*	61,0 b	132,3 b	278,0 a
T4	25,7 a	100,2 a	117,7 b	259,5 a
T5	16,7 b	33,3 c	169,4 a	240,1 a
T6	15,2 b	59,1 b	170,6 a*	293,4 a*
Média	16,0	55,4	150,4	251,0
CV%	19,7	19,9	13,7	12,5
Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)				
T1			8134 ^{ns}	
T2			7926	
T3			8293	
T4			8102	
T5			7790	
T6			8203	
Média			8075	
CV%			4,8	

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

^{ns} não significativo pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

IP - início do perfilhamento; 15 DAPN - 15 dias após a primeira aplicação de N em cobertura; IDP - inicio da diferenciação da panícula; FL - floração.

T1 - Testemunha sem N; T2 - 45 kg ha⁻¹ de N no IP e 45 kg ha⁻¹ de N no IDP; T3 - 90 kg ha⁻¹ de N na semeadura; T4 - 45 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 45 kg ha⁻¹ de N no IP; T5 - 45 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 45 kg ha⁻¹ de N no IDP; T6 - 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura, 30 kg ha⁻¹ de N no IP e 30 kg ha⁻¹ no IDP.

entre as épocas de aplicação de nitrogênio, exceto para a testemunha que não recebeu nitrogênio.

Descontando as quantidades de N absorvidas pelos tratamentos com aplicação de uréia da quantidade absorvida pelas plantas sem aplicação do fertilizante, os valores variaram de 57 a 110 kg de N ha⁻¹, demonstrando efeito do N aplicado sobre a disponibilidade às plantas. Entretanto, o rendimento de grãos não foi influenciado pela época de aplicação do fertilizante nitrogenado (Tabela 1). Não houve, inclusive, resposta à aplicação de nitrogênio, o que pode ser atribuído à quantidade de nitrogênio absorvido pela testemunha (183,1 kg ha⁻¹) e que deve ter sido suficiente para suprir as necessidades da planta no patamar de rendimento de grãos obtido. MACHADO & DIAS (1985), avaliando a produtividade do arroz irrigado cv Bluebelle em experimento com 5 anos de duração, evidenciou ausência de resposta à aplicação de diferentes doses de N. Os autores atribuem a ausência de respostas e as variações de produtividade entre os anos ao fator clima, principalmente temperatura e radiação solar. Na literatura, são encontrados vários experimentos em que o arroz responde à adubação nitrogenada e vários outros que mostram ausência ou somente pequena resposta do arroz, indicando que outros fatores afetam sobremaneira a resposta da cultura à adubação nitrogenada, especialmente relacionados ao potencial de mineralização de N do solo e as condições climáticas durante o cultivo, e não somente o teor de matéria orgânica do solo ou a dose e época de aplicação do N (SCIVITTARO & MACHADO, 2004; RHODEN, 2005).

Não houve diferença significativa no rendimento de grãos entre os tratamentos, inclusive para a testemunha, o que significa alta disponibilidade de N no solo. Nestas condições, não há efeito da época de aplicação e proporção da dose do fertilizante nitrogenado.

REFERÊNCIAS

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.30, n.2, p.365-372, 2000.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília : Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

MACHADO, M.O.; DIAS, A.D. Resposta do arroz irrigado (cv. Bluebelle) ao nitrogênio, em cinco anos de cultivo. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 14., 1985, Pelotas/RS. *Anais...* Pelotas : EMBRAPA-CPATB, 1985. p.241-249.

MARUMOTO, T. Microbial nitrogen fixation and its availability to rice plants as revealed with the use of ¹⁵N in Japan. *Japan Agricultural Research Quarterly*, Yatabe, v.20, n.2, p.108-114, 1986.

PATRICK JR., W. H. Nitrogen transformations in submerged soils. STEVENSON, F.J. (ed). **Nitrogen in agricultural soils**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1982. Cap.12, p.449-466.

PENG, S. et al. Increased N-use efficiency using a chlorophyll meter on high-yielding irrigated rice. *Field Crops Research*, v.47, p.243-252, 1996.

RHODEN, A.C. **Potencial de mineralização anaeróbia do nitrogênio em solos de várzea do Rio Grande do Sul**. 2005. 108f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria.

SCIVITTARO, V.B.; MACHADO, M.O. Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES JR, A.M. (eds). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF : EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004. Cap.9, p.259-303.

SILVA, L.S. et al. Doses de nitrogênio e a resposta do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3., 2003, Balneário Camboriú. *Anais...* Balneário Camboriú: SOSBAI, 2003. 3p. CD-ROM.

SOSBAI. Sociedade Sul-brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Balneário Camboriú : SOSBAI, 2003. 126p.

STEVENSON, F.J. Origin and distribution of nitrogen in soil. In: STEVENSON, F.J. (ed). **Nitrogen in agricultural soils**. Madison : ASA, CSSA, SSSA, 1982. Cap.1. p.1-42

TEDESCO, M.J. et al. **Análise 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).

Produção integrada de arroz irrigado e peixes

Integrated production of irrigate rice and fish

Enio Marchezan¹ Gustavo Mack Teló²
Jaqueline Ineu Golombieski³ Sidinei José Lopes⁴

RESUMO

Este trabalho foi conduzido com objetivo de determinar a densidade de povoamento de peixes e a época de colocação dos alevinos na área que proporcionam as melhores produções no consórcio arroz irrigado e peixes. Os experimentos foram realizados nas safras agrícolas de 2001/02 e 2002/03, no delineamento experimental blocos ao acaso com três repetições, em esquema trifatorial (Ano x Densidade x Época), com três densidades de povoamento: D0= sem alevinos, D1=3000 alevinos ha^{-1} e D2=6000 alevinos ha^{-1} e três épocas de colocação dos peixes: E1=na semeadura; E2=20 dias após semeadura; E3= após colheita. As espécies de peixes utilizadas foram: carpa húngara, capim, prateada, cabeça grande e jundiá, na proporção de 60, 20, 5, 5 e 10%, respectivamente. A semeadura foi realizada no sistema pré-germinado utilizando-se a cultivar IRGA 419 na densidade de 120kg ha^{-1} de sementes. A produção média de grãos de arroz do experimento foi de 6372kg ha^{-1} , não sendo afetada pela presença de peixes. A produção de peixes não foi influenciada pelas densidades e nem pelas épocas de colocação dos alevinos na área, com uma produção média de 404kg ha^{-1} de peixes, verificando-se maior taxa de sobrevivência quando os peixes foram colocados após a colheita do arroz.

Palavras-chave: rizipiscicultura, manejo sustentável, consórcio de arroz e peixes.

ABSTRACT

This work was developed aiming to determine the quantity of fish and the time of entry of fingerlings in areas that provide the best productivities in the combination of irrigate rice and fish. The experiments were carried out on growing seasons 2001/02 and 2002/03, in the experimental design of

randomized complete block with three replications, in trifactorial scheme (year x quantity x time), with three quantities of fish: D0= without fingerlings, D1=3000 fingerlings ha^{-1} and D2=6000 fingerlings ha^{-1} and three times of entry of fish: E1= seeding, E2= 20 days after seeding and E3= after harvest. The species utilized were: common, grass, silver, big head carps and silver catfish, in rates of 60, 20, 5, 5 and 10%, respectively. Rice in pre-germinate system and IRGA 419 cultivar, was utilized with the quantity of 120kg ha^{-1} of seeds. The productivity of grains in this experiment was 6372kg ha^{-1} , and it was not affected by the presence of fishes. The productivity of fishes was not influenced by the quantities neither by the times of entry of fingerlings in the area, with a production of 404kg ha^{-1} of fishes. It was possible to verify that the greatest taxes of survival occurred when the entry of fishes was after harvest.

Key words: rice-fish culture, sustainable management, combine of rice and fishes.

INTRODUÇÃO

A manutenção e/ou elevação dos índices de produtividade da cultura de arroz irrigado é objetivo principal dos pesquisadores e produtores, utilizando alternativas tecnológicas que proporcionam sustentabilidade ao processo produtivo. A produção de bovinos integrada à lavoura de arroz constitui-se numa opção, especialmente em médias e grandes propriedades. Em propriedades menores, há dificuldade de adotar este sistema de produção, sendo necessário outras tecnologias que proporcionem aumento de

¹Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: emarch@ccr.ufsm.br. Autor para correspondência.

²Curso de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, UFSM, CCR, Santa Maria, RS, Brasil.

³Programa de Pós-graduação em Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

⁴Departamento de Fitotecnia, UFSM, CCR, Santa Maria, RS, Brasil.

renda da propriedade. Neste sentido, o sistema pré-germinado de cultivo de arroz, associado ao manejo de lâmina contínua de irrigação e o cultivo de peixes na mesma área, é uma alternativa de uso intensivo e sustentável de áreas de várzea, pois segundo BERG (2002), a dependência de agroquímicos na lavoura de arroz irrigado compromete a sustentabilidade do processo produtivo.

Experiências com rizipiscicultura na China mostram que são produzidos de 150 a 300kg ha⁻¹ de peixes, com o policultivo de 3 a 5 espécies (MACKAY, 1995). Autores como MOHANTY et al. (2004) relatam aumento no rendimento do arroz cultivado em sistema de rizipiscicultura na Índia de cerca de 8,0%, quando comparado ao cultivo de arroz sem peixes. Estudos realizados em Bangladesh encontraram rendimento máximo dos peixes de 271kg ha⁻¹, sem utilização de fertilizantes ou alimentação suplementar aplicados (HAROON & PITTMAN, 1997). No Brasil, SATO (2002) relata um aumento no rendimento do arroz irrigado quando cultivado em consórcio com peixes.

No entanto, por ser uma atividade recente no Brasil, ainda não se dispõe de informação a respeito de questões básicas para a adoção do sistema, como densidade de alevinos e a época de colocação dos mesmos na lavoura de arroz irrigado. Estes parâmetros são importantes no processo de tomada de decisão para implantar a rizipiscicultura, que além de contribuir para elevar a rentabilidade da atividade, tem como princípio básico que os peixes realizem o trabalho de preparo do solo para implantar o arroz sem a necessidade de utilizar máquinas. Neste contexto, o período de permanência dos peixes na lavoura é fundamental para atender os dois aspectos citados.

Assim, este trabalho foi desenvolvido com objetivo de determinar a melhor densidade de peixes e época de colocação dos alevinos na área que proporcionem as melhores produções no consórcio de arroz irrigado e peixes.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido nos anos agrícolas de 2001/02 e 2002/03 na mesma área, em solo de várzea sistematizada, classificado como Planossolo Hidromórfico eutrófico arênico, pertencente à unidade de mapeamento Vacacaí (EMBRAPA, 1999).

O delineamento experimental foi blocos ao acaso, em esquema trifatorial (Ano x Densidade x Época), com três repetições. Utilizou-se três densidades de povoamento de peixes: D0= sem alevinos, D1= 3000 alevinos ha⁻¹ e D2= 6000 alevinos ha⁻¹, e três épocas de colocação: E1= na semeadura; E2= 20 dias após a

semeadura e E3= após a colheita do arroz. As proporções de peixes utilizadas foram: 60% de carpa húngara (*Cyprinus carpio var. húngara*), espécie de hábito alimentar omnívoro (ingerindo sementes, minhocas, insetos, pequenos moluscos, etc.) que remove o solo à procura de alimentos; 20% de carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) espécie de hábito alimentar herbívoro; 5% de carpa cabeça grande (*Aristichthys nobilis*) hábito alimentar zooplanciófaga; 5% de carpa prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) hábito alimentar fitoplanciófaga e 10% de jundiá (*Rhamdia quelen*) espécie que também possui hábito alimentar omnívoro. Os alevinos adquiridos no primeiro ano de estudo apresentavam comprimento variado entre 5 a 10cm, já aqueles do segundo ano apresentavam tamanho entre 10 a 16cm quando colocados nas unidades experimentais.

Os peixes permaneceram na área até o início do mês de outubro de 2002, na primeira safra, e até o início do mês de outubro de 2003, na segunda safra, quando foi realizada a despensa, contagem dos peixes e a biometria em uma amostra correspondente a 20% da quantidade total de peixes colocados na área, para estimativa da produção. A semeadura foi realizada no início do mês de novembro para os dois anos experimentais, e o sistema de cultivo adotado foi o pré-germinado, utilizando a cultivar IRGA 419, na densidade de 120kg ha⁻¹ de sementes. As unidades experimentais foram niveladas em sua superfície e isoladas individualmente com taipas que possuíam altura de 0,80m, com área total de 480m² (40m x 12m), com uma área de refúgio de 0,7m de largura, 0,7m de profundidade e 40m de comprimento, totalizando 5,8% da área total. Efetuou-se o controle de plantas invasoras (aquáticas) com aplicação em pós-emergência, para plantas de folhas largas (*Sagittaria montevidensis* e *Heteranthera reniformis*) e ciperáceas, onde se utilizou metsulfuron-metil e azimsulfuron, nas doses de 2g i.a. ha⁻¹ e 5g i.a. ha⁻¹, respectivamente.

O manejo de irrigação adotado constituiu-se na manutenção de uma lâmina de água contínua nas parcelas, como forma de supressão do desenvolvimento de plantas daninhas de folhas estreitas. A adubação de base foi realizada 15 dias após a semeadura, juntamente com a primeira adubação nitrogenada de cobertura, na quantidade de 30kg ha⁻¹ de N, 40kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40kg ha⁻¹ de K₂O, conforme análise de solo e de acordo com as Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Arroz Irrigado na Região Sul do Brasil (SOSBAI, 2001). O restante da adubação nitrogenada foi aplicado na diferenciação do primórdio floral, na quantidade de 30kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia.

Para a determinação do estande inicial, realizou-se a contagem de plantas quinze dias após a semeadura. Em cada parcela, foram avaliadas aleatoriamente 20 plantas para estimar a estatura de plantas, e coletadas as panículas para determinar a esterilidade de espiguetas. Foi realizada a colheita do arroz na parte central das parcelas com dimensão de 30m² (15m x 2m), quando os grãos atingiram umidade média de 22%, e após foi realizada a pesagem, estimando-se o rendimento de grãos. Após a colheita do arroz, foi elevada a lâmina de água das parcelas, suficiente para a cobertura da resteva do arroz.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro. Para análise, os dados em percentagem, foram transformados pelo arco seno raiz quadrada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1, observa-se que a presença de peixes na área não afetou o rendimento de grãos de arroz e que a densidade de peixes e a época de colocação dos mesmos não interferiram no rendimento de grãos, que foi de 6372kg ha⁻¹.

Estes resultados estão de acordo com os obtidos por ROTHUIS et al. (1999), que não encontraram diferença no rendimento de grãos em áreas com e sem peixes na lavoura. No entanto, SATO & CASTAGNOLI (1999) relatam um aumento no rendimento de grãos de arroz irrigado de 14 a 23%, quando associado ao cultivo de peixes. Segundo estes autores, as relações sobre a interação peixe com arroz são difíceis de serem interpretadas, devido à diversidade dos locais e metodologias de pesquisa utilizadas na realização dos experimentos, podendo-se citar, entre outros, o tamanho dos alevinos no momento de colocação na área e a predação por inimigos naturais.

Observou-se variação nos parâmetros agronômicos avaliados na cultura do arroz irrigado durante os anos experimentais, estando relacionados à alta precipitação pluvial associada a fortes ventos, que ocorreram cerca de 100 dias após a emergência das plantas, na safra de 2002/03, acarretando menor produtividade. O estande inicial de plantas foi significativamente maior em 2002/03, com 556 plantas m⁻² do que em 2001/02, com 340 plantas m⁻², mas situase dentro de faixa de valores não limitantes à produtividade da cultura.

Tabela 1 - Rendimento de grãos de arroz (kg ha⁻¹), estande inicial de plantas (m⁻²) e produtividade total de peixes (kg ha⁻¹), em resposta aos dois anos agrícolas, duas densidades de povoamento e três épocas de colocação dos alevinos. Santa Maria, RS, 2005.

Ano	Arroz		Peixes
	Rendimento de grãos	Estande inicial de plantas	
2001/02	7692a	340b	432 ^{ns}
2002/03	5053b	556a	375
Densidade			
D0 (sem peixes)	5968 ^{ns}	433 ^{ns}	-
D1 (3000 alevinos ha ⁻¹)	6209	467	421 ^{ns}
D2 (6000 alevinos ha ⁻¹)	6535	434	383
Época			
E1 (semeadura)	6494 ^{ns}	481 ^{ns}	395 ^{ns}
E2 (20 DAS)	6123	434	437
E3 (após a colheita)	6499	437	382
Média geral	6372	450	404
CV%	8,4	24	47

^{ns} F-Teste não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Médias não ligadas pela mesma letra nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

DAS - Dias após a semeadura

Para a produção total de peixes, não se obteve diferença significativa para nenhum dos fatores analisados. No primeiro ano de experimento, a produção total foi de 432kg ha⁻¹, com a espécie carpa húngara contribuindo com 261kg ha⁻¹, seguida da carpa capim, prateada, cabeça grande e jundiá (75, 35, 30 e 31kg ha⁻¹, respectivamente). A produção da carpa húngara foi superior às demais espécies, devido à maior proporção desta no consórcio. No segundo ano, a produtividade de peixes foi de 375kg ha⁻¹, sendo que as espécies carpa húngara, capim, prateada, cabeça grande e jundiá contribuíram com 208, 29, 20, 52 e 67kg ha⁻¹, respectivamente. Para todas as espécies em estudo, exceto carpa capim, não foi verificada diferença entre as densidades de peixes, bem como entre as épocas de colocação dos alevinos.

A produção total média de peixes nos dois anos foi 404kg ha⁻¹, semelhante aos resultados obtidos por ROTHUIS et al. (1998) que, utilizando 8.300 alevinos ha⁻¹, das espécies de carpa herbívora (*Puntius gonionotus*) e tilápia (*Oreochromis spp*), produziram 541,9kg ha⁻¹. Em outro trabalho, ROTHUIS et al. (1999) obtiveram a produção de peixes de 248kg ha⁻¹, utilizando densidade de 4.000 alevinos ha⁻¹. Experimentos realizados por VROMANT et al. (2002), também com a carpa herbívora (*Barbodes gonionotus*), mostraram que a produção de peixes variou de 1,7 a 548kg ha⁻¹, e o autor ressalta que as competições intraespecífica e interespecíficas são importantes nas parcelas, pois afetam o crescimento e a sobrevivência das espécies.

Deve-se ressaltar o eficiente controle de plantas daninhas de folhas estreitas exercido pelo sistema de cultivo utilizado, associado ao manejo de lâmina contínua de irrigação durante todo o ciclo da cultura do arroz. Resultados semelhantes foram relatados por ROTHUIS et al. (1998), que constataram a necessidade de controle apenas de plantas daninhas aquáticas, quando a lâmina de água é mantida constante, evitando a infestação da área com gramíneas, reduzindo custos e o impacto ambiental pela aplicação de herbicidas.

A sobrevivência de carpa húngara, prateada, cabeça grande e jundiá não foi afetada pelas densidades de alevinos (Tabela 2), porém, a carpa capim apresentou maior sobrevivência na densidade de 3000 alevinos

ha⁻¹, possivelmente devido à menor competição por alimento na área.

Dentre as espécies consorciadas, o jundiá obteve maior taxa de sobrevivência, podendo estar relacionada à preferência desta espécie, por ambientes de águas calmas e de fundo, saindo normalmente à noite a procura de alimento, estando assim menos suscetível à predação (GOMES et al., 1999).

A época de colocação dos alevinos não afetou a sobrevivência dos mesmos, exceto para carpa húngara, que obteve menor sobrevivência na época 2 e para a carpa capim, com maior sobrevivência na época 3. Este fato, segundo COTRIM (2000), deve-se ao menor período de exposição aos inimigos naturais e a elevação da lâmina d'água das parcelas por ocasião da colheita do arroz, dificultando a predação pelas aves, tais como garças, martim-pescador, bem-te-vis e biguás.

Houve interação significativa entre os anos agrícolas e as épocas de colocação dos alevinos na área com relação à sobrevivência. Para a espécie carpa prateada, foi obtida interação entre os fatores, destacando-se a época três com 84% de sobrevivência no primeiro ano.

A sobrevivência média das espécies variou de 31 a 60% nos dois anos de condução do experimento. Estudos realizados com tilápia (*Oreochromis niloticus* - 14%), carpa herbívora (*Puntius gonionotus* - 78%) e carpa comum (*Cyprinus carpio* - 8%), na densidade de povoamento de 4000 alevinos ha⁻¹, mostram sobrevivência média de 84, 82 e 72 %, respectivamente. Porém, é importante salientar que os peixes já foram colocados na lavoura com os seguintes pesos: tilápia - 70g, carpa herbívora - 18g e carpa comum - 27g, minimizando as perdas pelo ataque de predadores (ROTHUIS et al., 1999). Assim, um fator que deve ser levado em consideração, quando se analisa a sobrevivência, é o tamanho dos alevinos colocados na área, pois quando estes são menores do que 5cm, tornam-se alvos fáceis para seus predadores, o que resulta em um baixo nível de sobrevivência.

Com relação ao número de peixes retirados da área (Tabela 3), as espécies carpa capim, prateada e cabeça grande apresentaram diferenças entre os anos agrícolas, com o maior número de peixes retirados no primeiro ano, podendo-se relacionar com a maior disponibilidade de alimento na área, a qual não havia

Tabela 2 – Sobrevivência (%) de carpas húngara (*Cyprinus carpio*), capim (*Ctenopharyngodon idella*), prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*), cabeça grande (*Aristichthys nobilis*), e jundiá (*Rhamdia quelen*), em resposta a dois anos agrícolas, as duas densidades de povoamento e as três épocas de colocação dos alevinos. Santa Maria, RS. 2005.

Ano	C. húngara	C. capim	C. prateada	C. C. grande	Jundiá
2001/02	39 ^{ns}	57a	(48)	47a	66 ^{ns}
2002/03	26	31b	(29)	27b	56
Densidade					
D1 (3000 alevinos ha ⁻¹)	34 ^{ns}	49a	44 ^{ns}	32 ^{ns}	66 ^{ns}
D2 (6000 alevinos ha ⁻¹)	29	35b	33	38	56
Época					
E1 (semeadura)	26ab	26b	(32)	35 ^{ns}	50 ^{ns}
E2 (20 DAS)	19b	38b	(26)	37	72
E3 (após a colheita)	46a	59a	(57)	35	59
Média geral	31	42	38	35	60
CV%	65	25	44	62	35

^{ns} F-Teste não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Médias não ligadas pela mesma letra nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

()Interação entre os fatores: anos agrícolas e época de colocação dos alevinos

DAS – Dias após a semeadura

sido utilizada até o momento com rizipiscicultura, e também à menor quantidade de predadores verificada neste ano. Entretanto, com relação às densidades e às épocas de colocação dos alevinos, a carpa capim apresentou maior número de peixes na densidade de 6000 alevinos ha⁻¹, e maior número referente à época três, não havendo diferença para as demais espécies estudadas. Verificou-se interação para carpa húngara, quando a época três demonstrou ser o melhor momento de colocação dos alevinos nas condições de cultivo do primeiro ano (1771 peixes ha⁻¹).

Quanto ao peso dos peixes no momento da despensa (Tabela 3), não houve diferença significativa entre os anos para nenhuma das espécies estudadas. Com relação à densidade, a carpa cabeça grande apresentou maior peso na densidade de 3000 alevinos ha⁻¹, podendo-se correlacionar com o menor número de peixes retirados da área, demonstrando que a densidade de peixes interfere diretamente na disponibilidade de alimentos, não havendo diferenças entre as densidades para as demais espécies. Já para as épocas de colocação dos alevinos, a carpa húngara apresentou menor peso na época três, o que pode ser explicado pelo menor tempo de permanência na área e

ao maior número de peixes retirado por ocasião da despensa. No entanto, para o peso dos peixes, destaca-se a carpa prateada no segundo ano de experimento, na época três com a maior média (335g). Já para a carpa cabeça grande, destaca-se a primeira época, em que o primeiro ano diferiu do segundo, com média de 341g.

A análise dos dados das tabelas 2 e 3, que contemplam sobrevivência, número e peso das espécies, revela, de forma geral, que há compensação entre estes parâmetros, onde as maiores taxas de sobrevivência correspondem ao menor peso das espécies, possivelmente pela limitação de alimentos disponíveis aos peixes. Embora não apresentem tamanho de abate, estes peixes oriundos da rizipiscicultura são muito importantes para a rentabilidade do sistema produtivo da propriedade, pois as perdas mais significativas já ocorreram, restando apenas o tempo para sua terminação de engorda até sua comercialização.

Em rizipiscicultura, os ganhos do sistema também podem ser expressos pela redução do uso de agrotóxicos e de operação para o preparo do solo. Assim, a informação de que a produção integrada de peixes com arroz não afeta a produção da cultura do

Tabela 3 - Número de peixes retirados por hectare e peso médio (g) de carpas húngara (*Cyprinus carpio*), capim (*Ctenopharyngodon idella*), prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*), cabeça grande (*Aristichthys nobilis*), e jundiá (*Rhamdia quelen*), em resposta há dois anos agrícolas, a duas densidades de povoamento e a três épocas de colocação dos alevinos. Santa Maria, RS. 2005.

Número de peixes retirados						
Ano	C. húngara	C. capim	C. prateada	C. C. grande	Jundiá	Total
2001/02	(877)	506a	194a	128a	285 ^{ns}	1990
2002/03	(620)	250b	60b	65b	236	1231
Densidade						
D1	599 ^{ns}	319b	123 ^{ns}	77 ^{ns}	225 ^{ns}	1343
D2	905	438a	108	113	295	1859
Época						
E1	(538)	271b	62 ^{ns}	76 ^{ns}	225 ^{ns}	1172
E2	(435)	293b	111	91	314	1190
E3	(1272)	572a	162	122	248	2376
Média	756	379	115	97	261	1608
CV%	76	41	87	61	45	
Peso médio						
Ano						
2001/02	494 ^{ns}	153 ^{ns}	(237)	(261)	100 ^{ns}	1245
2002/03	394	132	(335)	(276)	156	1293
Densidade						
D1	458 ^{ns}	163 ^{ns}	326 ^{ns}	304a	161 ^{ns}	1412
D2	414	120	289	226b	111	1160
Época						
E1	554a	173 ^{ns}	(327)	(333)	138 ^{ns}	1525
E2	611a	154	(258)	(239)	151	1413
E3	195b	104	(272)	(234)	108	913
Média geral	436	141	304	257	131	1269
CV%	42	44	38	31	55	

^{ns} F-Teste não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Médias não ligadas pela mesma letra nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

()Interação entre os fatores: anos agrícolas e época de colocação dos alevinos

D1(3000 alevinos ha⁻¹), D2(6000 alevinos ha⁻¹), E1(semeadura), E2(20 Dias após a semeadura), E3(após a colheita)

arroz, é importantíssima para a viabilização do sistema, devido aos aspectos econômicos e ambientais positivos da presença dos peixes na área.

CONCLUSÕES

A produção de arroz irrigado não é afetada pela presença de peixes na mesma área. A produção de peixes não é influenciada pelas densidades e nem pelas épocas de colocação dos alevinos na área, havendo uma compensação entre número e peso de peixes retirados conforme as densidades. A colocação dos

peixes após a colheita do arroz proporciona maior porcentagem de sobrevivência.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) pelo financiamento parcial do trabalho e aos demais integrantes do Grupo de Pesquisa em Arroz e Uso Alternativo de Várzea da UFSM, pela assistência durante a realização dos experimentos.

REFERÊNCIAS

- BERG, H. Rice monoculture and integrated rice-fish farming in the Mekong Delta, Vietnam – economic and ecological considerations. **Ecological Economics**, v.41, p.95-107, 2002.
- COTRIM, D.S. Rizipiscicultura: um sistema agroecológico de produção. In: _____. **Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. p.14-18.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999. 412p.
- GOMES, L.C. et.al. Biologia do jundiá *Rhamdia quelen* (Teleostei, Pimelodidae). **Ciência Rural**, v.30, n.1, p.179-185, 1999.
- HAROON, A.K.Y.; PITTMAN, K.A. Rice-fish culture: feeding, growth and yield of two size classes of *Puntius gonionotus* Bleeker and *Oreochromis* spp. in Bangladesh. **Aquaculture**, v.154, p.261-281, 1997.
- MACKAY, K.T. **Rice-fish culture in China**. Ottawa, ON: IDRC, 1995. 276p.
- MOHANTY, R.K. et al. Performace evaluation of rice integration system in rainfed medium land ecosystem. **Aquaculture**, v.230, p.125-135, 2004.
- ROTHUIS, A.J. et al. Polyculture of silver barb, *Puntius gonionotus*, nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, and commom carp, *Cyprinus carpio* in Vietnamese rice fields: feeding ecology and impact on rice and rice field environment. **Aquaculture Research**, v.29, p.649-660, 1998.
- ROTHUIS, J.A. et al. The effect of rice seeding rate on rice and fish production, and weed abundance in direct-seeded rice-fish culture. **Aquaculture**, v.172, p.255-274, 1999.
- SATO, G.; CASTAGNOLI, N. Produção de alevinos-II na rizipiscicultura. In: ACUICULTURA VENEZUELA 99., 1999, PUERTO LA CRUZ, VENEZUELA. **Anais...** Puerto La Cruz: World Aquaculture Society/LAC; Sociedade Venezuelana de Acuicultura; United Soybean Board; American Soybean Association., 1999. p.440-452.
- SATO, G. Rizipiscicultura: uma alternativa rentável para o produtor de arroz irrigado. **Agropecuária Catarinense**, v.T15, n.3, p.47-50, 2002.
- SOSBAI (Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Porto Alegre, RS, 2001. p.33.
- VROMANT, N. et al. Growth performace of *Barbodes gonionotus* (Bleeker) in intensively cultivated rice fields. **Aquaculture**, v.212, p.167-178, 2002.

Consumo de água e perdas de nutrientes e de sedimentos na água de drenagem inicial do arroz irrigado

Water use and nutrients and sediments losses on the initial water drainage on flooded rice

Sérgio Luiz de Oliveira Machado¹ Enio Marchezan² Afrânio Almir Righes³
Reimar Carlesso⁴ Silvio Carlos Cazarrotto Villa⁵ Edinalvo Rabaiolli Camargo⁵

RESUMO

No Rio Grande do Sul (Brasil), a lavoura arrozeira é grande consumidora de água e apresenta potencial de contaminação de mananciais hídricos quando a drenagem inicial é realizada. Este trabalho teve como objetivo quantificar o consumo de água do arroz irrigado submetido a sistemas de cultivo (Experimento I) bem como verificar a concentração de nutrientes e de sedimentos em suspensão na água de drenagem inicial no pré-germinado, mix de pré-germinado e transplante de mudas (Experimento II). Os experimentos foram conduzidos em 2000/01 e 2001/02 (Experimento I) e 1999/00, 2000/01 e 2001/02 (Experimento II) em área de várzea em Planossolo Hidromórfico Eutrófico, areníco na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria (RS). No experimento I, o consumo de água no sistema convencional, cultivo mínimo, pré-germinado, mix de pré-germinado e transplante de mudas foi analisado no delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições. O consumo de água não foi afetado pelos sistemas de cultivo variando de 5.431 a 6.422 e de 5.374 a 5.852 m³ ha⁻¹, respectivamente para 2000/01 e 2001/02. A quantidade de água necessária para o preparo inicial do solo no pré-germinado e transplante de mudas ou para a formação da lâmina d'água no mix de pré-germinado foi de 1.285 m³ ha⁻¹. No experimento II, os três anos agrícolas (1999/00, 2000/01 e 2001/02) com os três sistemas de cultivo (pré-germinado, mix de pré-germinado e transplante de mudas) foram comparados para quantificar as perdas de nutrientes e de sedimentos na água de drenagem inicial. As concentrações de nitrato, fósforo e magnésio na água foram similares entre os sistemas de cultivo. No mix de pré-germinado, a concentração de amônio e potássio foram maiores que no pré-germinado e transplante de mudas, com 3,85 e 7,70 mg L⁻¹ respectivamente. Contudo as perdas de nutrientes verificadas

estiveram dentro de limites aceitáveis de acordo com a legislação vigente. A turbidez e a presença de sedimentos na água de drenagem inicial foi menor no mix de pré-germinado em comparação com o pré-germinado e transplante de mudas, indicando que a manutenção da água na lavoura nestes sistemas de cultivo é importante para sustentabilidade do ecossistema arroz irrigado e manutenção do potencial produtivo da cultura.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., sistemas de cultivo, meio ambiente.

ABSTRACT

In Rio Grande do Sul, Brazil, irrigated rice fields use large amount of water and have the potential of contaminate surface water bodies when drainage is performed. The objective of this experiment was to quantify the amount of water in flooded rice fields under different cropping systems (Experiment I) and to measure the concentration of nutrients in the initial drainage water of pre-germinated, pre-germinated mix and seedling transplanting systems (Experiment II). The research was conducted during 2000/01 and 2001/02 (Experiment I) and during 1999/00, 2000/01 and 2001/02 (Experiment II) in a lowland area of a Planosoil located at the Federal University of Santa Maria-RS, Brazil. In the years 2000/01 and 2001/02 (Experiment I) five cropping systems (conventional, minimum tillage, pre-germinated, mix of pre-germinated and seedling transplanting) randomized block experimental design with four replications. Were used the cropping systems did not influence the use of water by flooded rice, varying from 5,431 to 6,422 and 5,347 to 5,852 m³ ha⁻¹ for the years 2000/01 and 2001/02, respectively. The amount of water used for flooding the soil in the pre-germinated and

¹Departamento de Defesa Fitossanitária, UFSM, CEP: 97105-970 – Santa Maria, RS, Brasil. Autor para correspondência. Email: smachado@ccr.ufsm.br.

²Departamento de Fitotecnia da UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

³Centro Universitário Franciscano (UNIFRA), Santa Maria, RS, Brasil.

⁴Departamento de Engenharia Rural da UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

⁵Curso de Pós-graduação em Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

seedling transplanting systems or form establishing a layer of water in the mix pre-germinated was $1,285\text{m}^3\text{ ha}^{-1}$. In Experiment II, three cropping systems (pre-germinated, mix of pre-germinated and seedling transplanting) were compared. Nitrate, phosphorus and magnesium concentrations in the initial drainage water were similar in the different cropping systems. In the mix of pre-germinated system, ammonium and potassium concentrations were higher when compared with the pre-germinated and seedling transplanting systems with averages of 3.85 and 7.70mg L^{-1} , respectively. Recorded nutrient losses were within the range allowed by the current legislation. The concentration of sediments in the drainage water was lower in the mix of pre-germinated system when compared to pre-germinated and seedling transplanting systems. These suggest that the maintenance of water in the rice field in these cropping systems is important to achieve the sustainability of the flooded rice fields and maintenance of high potential of crop yield.

Key words: *Oryza sativa* L., crop systems, environment.

INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul, a oricultura constitui-se em uma das atividades do setor primário da mais alta e estável produtividade, sendo o Estado o maior produtor nacional de arroz irrigado (CONAB, 2000). A lavoura arrozeira irrigada é citada como grande consumidora de água. Os dados disponíveis de consumo são variáveis, e o volume aplicado chega a ultrapassar $15.000\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ por ano agrícola (BELTRAME & LOUZADA, 1991).

O volume de água usualmente drenado de uma área cultivada com arroz irrigado por inundação, considerando-se uma lâmina média de 10cm de altura, fica em aproximadamente $1.000\text{m}^3\text{ ha}^{-1}$. Resultados obtidos por MACHADO et al. (2002) demonstraram que, para os sistemas pré-germinado, mix de pré-germinado e transplante de mudas há, por ocasião da formação da lâmina de água, um consumo ao redor de $1.300\text{m}^3\text{ha}^{-1}$, o que representa de 15 a 20% do volume consumido durante o ciclo da cultura, sem contabilizar as precipitações pluviais ocorridas no período.

A drenagem inicial após o preparo do solo é prejudicial tanto para a rentabilidade do setor orizícola, quanto para o ambiente, pois, além da perda de considerável volume de água, recurso limitante em algumas regiões produtoras e principal item na composição do custo de produção, participando com cerca de 11,5%, são carreados sedimentos em suspensão na água e, por consequência, são perdidos os nutrientes adsorvidos a estes ou presentes na solução (LICHENBERG & SHAPIRO, 1997; WEBER et al., 2003).

Nesse sentido, cresce a demanda por sistemas de cultivo que proporcionem maior economia

de água, sem afetar o rendimento e a qualidade dos grãos. Em sua maioria, as pesquisas para determinação do consumo de água foram realizadas no sistema convencional, havendo com isto a necessidade de se estender estes estudos para os outros sistemas de estabelecimento da lavoura arrozeira. As possíveis diferenças no consumo de água fundamentam-se pelas alterações nas características físicas e hidráulicas do solo nos sistemas pré-germinado e transplante, nos quais, pela prática do preparo do solo na água, ocorre a desestruturação da camada superficial, selamento dos poros e redução da taxa de infiltração de água (KUKAL & AGGARWAL, 2002).

Os nutrientes, principalmente nitrogênio (N) e fósforo (P), presentes na água de drenagem provenientes de lavouras de lavouras de arroz irrigado provocam eutrofização da água favorecendo o desenvolvimento de algas, porém quando se utiliza um sistema de drenagem controlada com redução do fluxo, pode-se minimizar os problemas ambientais (LALONDE et al., 1996). Na água drenada de lavouras de arroz irrigado foram encontradas concentrações de 200mg L^{-1} de N-NO_3 e 20mg L^{-1} de P (HARRIS et al., 1997), de 0,2 a $1,4\text{mg L}^{-1}$ de P (COALE et al., 1998) e, de 4,9; 1,90; 11,1; 6,3 e $3,6\text{mg L}^{-1}$ para N, P, potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), respectivamente, quando uma lâmina de água de 10cm de altura foi drenada (WEBER et al., 2003). No pré-germinado, autores como MARCHEZAN et al. (2002), após três anos de estudo, obtiveram perdas de 3,78; 0,10 e $4,83\text{kg ha}^{-1}$, respectivamente para N, P e K, valores considerados aceitáveis de acordo com os padrões vigentes. Estudos realizados por MACEDO et al. (2001) relatam que podem ocorrer perdas de sedimentos em suspensão na água e de nutrientes, chegando a atingir valores equivalentes a 32kg ha^{-1} de N, 5kg ha^{-1} de P e até 48kg ha^{-1} de K se a água for drenada antes de dois dias após o preparo final do solo.

A hipótese desenvolvida é de que consumo de água entre os sistemas de cultivo são variáveis e quantitativamente altas; e que a drenagem inicial praticada em determinados sistemas de cultivo é contaminante potencial de recursos hídricos à jusante da lavoura arrozeira. Para atender esta hipótese, este estudo teve por objetivos: (i) estimar o consumo de água do arroz irrigado estabelecido no sistema convencional, cultivo mínimo, pré-germinado, mix de pré-germinado e transplante de muda; e (ii) quantificar a concentração de nutrientes e de sedimentos em suspensão na água da drenagem inicial nos sistemas pré-germinado, mix de pré-germinado e transplante de muda.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em área de várzea sistematizada do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria (RS), em um Planossolo Hidromórfico Eutrófico arenico em 2000/01 e 2001/02 (Experimento I) e em 1999/00, 2000/01 e 2001/02 (Experimento II). No experimento I, o consumo de água nos sistemas convencional (SC), cultivo mínimo (CM), pré-germinado (PRÉ), mix de pré-germinado (MIX) e transplante de muda (TM) foi analisado no delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas mediram 160m² (16 x 10m) e a cultivar reagente foi EL PASO 144, que destaca pela adaptação, resistência ao acamamento e estabilidade produtiva em todos os sistemas de cultivo do arroz (WEBER et al, 2003).

O preparo do solo para o estabelecimento do SC, PRÉ e TM foi realizado com equipamento tratorizado, grade niveladora e enxada rotativa. Após, foram construídas as taipas para separação da irrigação de cada parcela. No PRÉ e TM, o aplainamento do solo foi realizado com lâmina de água, objetivando a formação do lodo. No cultivo mínimo (10 dias antes da semeadura) e MIX (10 dias antes da entrada de água) fez-se a dessecação do azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) com glyphosate (0,720kg do equivalente-ácido ha⁻¹). A adubação de base foi realizada utilizando-se 10kg ha⁻¹ de N, 40kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40kg ha⁻¹ de K₂O seguindo-se a análise do solo e a recomendação. No SC e CM, o adubo foi incorporado ao solo em torno de 5,0cm de profundidade pelo equipamento de semeadura. No PRÉ, MIX e TM, o fertilizante foi aplicado manualmente três dias antes da semeadura e/ou transplante sobre a lâmina de água. O N em cobertura foi distribuído manualmente, 25kg ha⁻¹ de N no início do perfilhamento, aproximadamente 20 dias após a emergência do arroz e os outros 25kg ha⁻¹ de N no início de diferenciação da panícula (IDP).

No SC e CM, a semeadura do arroz foi realizada mecanicamente com uma semeadora-adubadora em 30 de outubro de 1999, 03 de novembro de 2000 e de 2001, respectivamente, no espaçamento de 0,18 m entrelinhas e na densidade de 180kg ha⁻¹. No PRÉ e MIX, a semeadura foi realizada manualmente, com sementes pré-germinadas, em 30 de outubro de 1999 e 01 de novembro de 2000 e de 2001, na densidade de 130kg ha⁻¹. Para estabelecimento do TM, inicialmente, fez-se a semeadura do arroz em caixas de madeira, as quais continham 2,0cm de terra seca ao ar e peneirada. O transplante foi realizado manualmente em 30 de outubro de 1999 e em 01 de novembro de 2000 e de 2001, quando as plantas apresentavam cerca de

15cm de estatura, sendo colocadas duas a três mudas por cova, distanciadas de 20 x 25cm.

O consumo de água foi monitorado diariamente através de hidrômetros instalados em cada parcela. A água foi conduzida por tubulações fechadas de 100mm de diâmetro pressurizada com auxílio de uma motobomba conectada a um reservatório com prestostato que mantinha a pressão de serviço entre 1,0 e 1,5 atmosferas. A altura da lâmina de água nas parcelas foi mantida por uma bóia acoplada a cada hidrômetro e regulada para suspender a irrigação quando a lâmina alcançasse 10cm (Experimento I). Com a finalidade de evitar as perdas de água por infiltração lateral, foi construída uma taipa ampla ficando um canal mantido com água entre os blocos, e também ao redor do experimento, com a mesma carga hidráulica da parcela em que estava sendo monitorado o consumo de água.

O manejo da água de irrigação foi realizado de acordo com as peculiaridades de cada sistema, sendo que, no SC e CM, a irrigação foi iniciada aos 20 dias após a emergência do arroz mantendo-se a lâmina com aproximadamente em 10cm de altura, e a água não foi drenada até a colheita. No TM, a drenagem foi realizada no dia anterior enquanto que, no PRÉ e MIX, a água foi drenada três dias após a semeadura reiniciando-se a irrigação nestes três sistemas a partir do quarto dia após a drenagem com a lâmina de água sendo elevada conforme o desenvolvimento do arroz, estabilizando-se em 10cm de altura.

No experimento II, o delineamento experimental foi de blocos casualizados, dispostos em factorial 3 x 3, com quatro repetições. O fator “A” refere-se aos anos agrícolas (1999/00, 2000/01 e 2001/02) e o fator “B” aos sistemas de cultivo (PRÉ, MIX e TM). Em cada parcela (160m² = 16 x 10m), a drenagem foi realizada abrindo-se um pequeno canal na taipa e com auxílio de um bequer fez-se a coleta de subamostras de água, durante o período de duração da drenagem até completar o volume de um litro. Posteriormente, procedeu-se a análise química da água no laboratório de rotina do Departamento de Solos da UFSM, quando se determinaram as concentrações de N (N-NH₄⁺ + N-NO₃⁻), P, K, Ca e Mg, de acordo com metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995). Os sedimentos em suspensão, a turbidez e a condutividade elétrica da água foram determinados no Laboratório de Controle Ambiental da UFSM seguindo metodologia descrita pela EMBRAPA (1997).

O rendimento de grãos foi determinado colhendo-se manualmente as plantas da área útil de 3 x 2m da área central das parcelas, as quais foram trilhadas, determinado-se a massa dos grãos, corrigindo-se a

umidade para 13%. A produção de matéria seca foi obtida pelas plantas contidas em área de 1m², secas em estufa a temperatura de 65°C até obter-se massa constante, e o resultado expresso em gramas por m².

As variáveis determinadas foram submetidas à análise de variância, através do teste F, adotando-se como limites de aceitação o nível de 5% de probabilidade para significância de efeitos individuais dos fatores estudados e o de 10% para efeitos da interação de fatores (RIBOLDI, 1993). As médias dos tratamentos foram comparadas aplicando-se o teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O consumo de água (Experimento I) não foi influenciado pelos sistemas de cultivo variando de 5.431 a 6.422 e de 5.374 a 5.852m³ha⁻¹, respectivamente em 2000/01 e 2001/02 (Tabela 1). Os valores encontrados estão dentro da faixa da necessidade de água para o arroz irrigado, que segundo MOTTA et al. (1990) variam de 5.130 a 8.016m³ha⁻¹. A similaridade do consumo de água pode ser atribuída ao aplainamento do solo, evitando-se o escoamento superficial contínuo de água para os drenos, a menor perda de água por infiltração através das taipas por já estarem consolidadas conforme reporta WOPEREIS et al. (1994) e, também, pela presença de um canal com lâmina de água permanente entre os blocos e ao redor do experimento evitando-se o fluxo lateral da água pela inexistência de gradiente hidráulico entre as parcelas e o canal de contorno. Com estes procedimentos, acredita-se que não ocorreram perdas por infiltração lateral nas taipas proporcionando condições semelhantes para todos os sistemas de cultivo, refletindo-se assim na economia de água. É importante salientar que a caracterização físico-hídrica do perfil do solo da área experimental destaca uma zona de maior macroporosidade nas camadas de 30 a 45cm e de 45 a 60cm de profundidade, com maiores valores relativos de condutividade hidráulica saturada do perfil quando comparadas com as camadas superficiais (RIGHES, 1984).

Variações no consumo de água entre o SC, plantio direto e PRÉ foram encontrados por MARCOLIN et al. (1999), registrando maior consumo no SC (7.415 m³ha⁻¹). No PRÉ, os autores reportam que, se a água utilizada no preparo do solo fosse acumulada da precipitação pluvial durante a entressafra, haveria redução no consumo da ordem de 16,1 a 24,0% em relação ao plantio direto e SC, respectivamente. Pesquisa anterior (MACEDO et al., 1997) evidenciou que, no PRÉ, a possibilidade do menor consumo de

água é decorrente da desestruturação da camada superficial durante o preparo com lâmina de água, pois promove a redução de macrosporos e da condutividade hidráulica, tendo como consequência menores perdas de água por percolação e infiltração lateral.

Na tabela 1, verifica-se que o rendimento de grãos não diferiu entre os sistemas de cultivo, independentemente do ano agrícola (2000/01 e 2001/02). A relação entre rendimento de grãos e volume de água consumida, que representa a eficiência do uso da água, evidencia que os cinco sistemas de cultivo utilizaram a água de forma eficiente (Tabela 1). Esses valores seriam ainda maiores, se a água (1.285m³) usada no preparo do solo no PRÉ e TM ou para formação da lâmina d'água inicial no MIX fosse da precipitação pluvial acumulada na entressafra.

Não houve diferença significativa entre os anos agrícolas e nem interação entre anos agrícolas e sistemas de cultivo para o teor de nutrientes, pH, turbidez, condutividade elétrica e sedimentos em suspensão na água de drenagem inicial (Experimento II). Os resultados mostraram que, na água de drenagem inicial, são perdidos nutrientes, sendo as maiores concentrações de Ca e K, seguidas das de Mg e N (N-NH₄⁺ + N-NO₃⁻), e em quantidade menor, do P (Tabela 2). Deve-se destacar que a água da fonte de irrigação continha 1,40mg L⁻¹ de K, 4,08mg L⁻¹ de Ca e 2,83mg L⁻¹ de Mg (Tabela 2). No MIX, K, Ca e N-NH₄⁺ foram os nutrientes presentes em maior concentração, confirmando resultados encontrados por WEBER et al. (2003). Neste sistema, o fertilizante aplicado na base não foi incorporado ao solo, e isto proporcionou maior concentração destes nutrientes na água drenada. Autores como MARCHEZAN et al., (2001) reportam perdas da ordem de 3,65mg L⁻¹, quando o K foi aplicado 20 dias antes da semeadura, independentemente da incorporação ou não do fertilizante. No pré-germinado, MACEDO et al. (2003) verificaram que, quando o solo foi preparado no seco e a drenagem realizada cinco dias após a semeadura, a concentração de K na água, foi de 6,63mg L⁻¹, quantidade esta inferior se comparada quando o K foi incorporado com lâmina de água. Para P, a quantidade média encontrada foi 0,10mg L⁻¹ (Tabela 2), confirmando resultados reportados por DANIEL et al. (1993) que preconizam a incorporação do fertilizante para reduzir perdas na água drenada.

A concentração de nutrientes na água drenada (Tabela 2) está dentro das especificações exigidas pela legislação estadual, que são respectivamente de 10,0; 1,0 e 200,0 mg L⁻¹ para N, P e carbonato de cálcio, respectivamente (RIO GRANDE DO SUL, 1989), porém, deve-se ressaltar que resultados de perdas de nutrientes através da água da drenagem

Tabela 1 - Consumo de água, rendimento de grãos, eficiência do uso da água, início e período de irrigação de diferentes sistemas de cultivo do arroz irrigado, em dois anos agrícolas (Experimento I). Santa Maria, RS. 2005.

Determinações	Sistemas de cultivo ¹					CV(%)
	SC	CM	PRÉ ³	MIX ³	TM ³	
	Ano agrícola 2000/01					
Consumo de água ($m^3 ha^{-1}$)	5.998 ^{ns}	5.431	6.216	6.308	6.422	6,42
Rendimento de grãos ($kg ha^{-1}$)	8.134 ^{ns}	7.963	8.283	7.851	8.019	7,32
Eficiência do uso da água ($kg m^{-3}$)	1,35	1,46	1,33	1,24	1,25	----
Início da irrigação ²	23	23	3	3	3	----
Período de irrigação (dias)	103	103	124	124	124	----
	Ano agrícola 2001/02					
Consumo de água ($m^3 ha^{-1}$)	5.487 ^{ns}	5.374	5.852	5.716	5.581	5,31
Rendimento de grãos ($kg ha^{-1}$)	8.134 ^{ns}	7.992	8.181	7.792	7897	8,34
Eficiência do uso da água ($kg m^{-3}$)	1,48	1,48	1,39	1,36	1,41	----
Início da irrigação ²	21	21	3	3	3	----
Período de irrigação (dias)	101	101	121	121	121	----

^{ns}Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

*Nas linhas, médias não seguidas da mesma letra diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

¹SC - sistema convencional, CM - cultivo mínimo, PRÉ - pré-germinado, MIX - mix de pré-germinado, TM - transplante de mudas.

²Dias após a semeadura (PRÉ e MIX), emergência (SC e CM) ou do transplante das mudas (TM).

³Volume de água gasto no preparo do solo ($1.285 m^3 ha^{-1}$).

inicial devem ser analisadas com cautela, pois fatores como intensidade de preparo do solo, tempo decorrido entre preparo final do solo e semeadura do arroz, época de aplicação do fertilizante, conteúdo de nutrientes na água fonte de irrigação, textura e a composição química do solo influenciam a quantidade de nutrientes perdidos. As perdas serão menores se houver pouco nutrientes em suspensão e dissolvidos na água por ocasião da drenagem, devendo-se evitar a aplicação de fertilizantes em períodos próximo à semeadura do arroz.

A incorporação do fertilizante antes da semeadura, poderá minimizar a perda de nutrientes na água drenada e também pode favorecer o desenvolvimento das raízes amenizando o acamamento das plantas. Outra alternativa é a utilização de lâmina contínua de água durante todo o ciclo do arroz e com diferentes épocas de aplicação de Pe K. MARCHEZAN et al. (2001) ressaltam que a adubação, com estes nutrientes, até 25 dias após a semeadura do arroz, não reduz o rendimento de grãos e, caso fosse necessário realizar a drenagem da área, os recursos hídricos seriam menos contaminados.

Na tabela 1, verifica-se que não houve diferença no rendimento de grãos entre os sistemas PRÉ, MIX e TM, entretanto, quantidade considerável de nutrientes e sedimentos em suspensão foram carreados na água de drenagem (Tabela 2). No PRÉ e TM, as perdas de sedimentos foram maiores do que no

Mix (Tabela 2), confirmando resultados de ALTHOFF & KLEVESTON (1996), que apontaram que as perdas de sedimentos na água drenada foram maiores que 500mg L⁻¹. Os autores enfatizam ainda que as perdas de sedimentos variam com a textura do solo, e quantitativamente, as perdas são maiores em solo franco argilo-arenoso, podendo com o tempo causar empobrecimento do solo e assoreamento dos recursos hídricos (MACEDO et al., 2001).

A condutividade elétrica, intimamente associada com as concentrações de K, Ca e Mg, não diferiu entre os sistemas de cultivo (Tabela 2). O pH foi o parâmetro que apresentou diferenças mínimas entre as médias observadas, enquanto que a turbidez da água foi menor no MIX (Tabela 2). Este parâmetro ultrapassou a 40NTUs no PRÉ e TM, que é o limite do CONAMA (1986) para águas da classe 3. A partir dos resultados encontrados, pode-se depreender que é importante desenvolver técnicas de manejo no arroz irrigado que compatibilizem a preservação do solo com o uso racional e eficiente da água e de fertilizantes. O preparo do solo nos sistemas PRÉ e TM, o qual foi realizado antes da semeadura para incorporação do fertilizante, se fosse realizado com pouco intensidade, ou dado tempo necessário para precipitar a maior parte dos sedimentos em suspensão, certamente, reduziria a perda de nutrientes por ocasião da drenagem inicial. Enquanto isso, no MIX, o fertilizante aplicado na base não foi incorporado, e isto proporcionou maior

Tabela 2 – Teor médio de nutrientes perdidos, pH, condutividade elétrica e turbidez da água de drenagem inicial de três sistemas de cultivo do arroz irrigado em três anos agrícolas (Experimento II). Santa Maria, RS. 2005.

Parâmetros Analisados	Água do reservatório	Sistemas de cultivo				CV (%)
		PRÉ ¹	MIX ²	TM ³	Média	
N-NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹)	0,36	2,54 b*	3,85 a	2,52 b	2,97	3,85
N-NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	0,54	1,24 ^{ns}	0,90	1,21	1,12	1,05
P-total (mg L ⁻¹)	0,05	0,10 ^{ns}	0,11	0,10	0,10	0,97
K (mg L ⁻¹)	1,40	4,83 b	7,70 a	4,26 b	5,59	4,11
Ca (mg L ⁻¹)	4,08	6,01 ab	6,83 a	5,72 b	6,19	4,53
Mg (mg L ⁻¹)	2,83	3,81 ^{ns}	3,79	3,89	3,83	3,29
pH	6,32	6,74 ^{ns}	6,95	6,94	6,89	0,15
Turbidez (UNT)	22	159 a	32 b	157 a	116	6,44
Condutividade elétrica (µS cm ⁻¹)	150	453 ^{ns}	567	439	486	6,53
Sólidos em suspensão (mg L ⁻¹)	100	626 a	245 b	595 a	489	8,94

^{ns}Não significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade de erro.

*Nas linhas, médias não seguidas da mesma letra diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

¹Pré-germinado

²Mix de pré-germinado

³Transplante de mudas

concentração de nutrientes na água de drenagem inicial, hipótese comprovada neste estudo, podendo comprometer a qualidade da água à jusante da lavoura arrozeira. A aplicação do fertilizante, após a drenagem inicial, é uma possibilidade a ser considerada e que poderia ser viabilizada junto com a adubação nitrogenada em cobertura.

CONCLUSÕES

Os sistemas convencional, cultivo mínimo, pré-germinado, mix de pré-germinado, e transplante de muda apresentam consumo de água similares durante o ciclo do arroz quando estabelecidos em áreas niveladas em sua superfície. A intensidade do preparo do solo, o tempo decorrido entre o preparo final do solo e a semeadura do arroz são fatores que influenciam na quantidade de nutrientes e sedimentos perdidos junto com a água de drenagem inicial. As perdas serão menores se houver poucos nutrientes em suspensão e dissolvidos na água por ocasião da retirada da mesma, devendo-se evitar a aplicação de fertilizantes em momento próximo à semeadura do arroz. A aplicação do fertilizante, após a drenagem inicial, é uma possibilidade a ser considerada e que poderia ser viabilizada junto com a adubação nitrogenada em cobertura.

AGRADECIMENTOS E APRESENTAÇÃO

À FAPERGS pelo apoio financeiro.
Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento

Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de pesquisa aos pesquisadores Marchezan, Righes e Camargo.

Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

REFERÊNCIAS

- ALTHOFF, D.A.; KLEVESTON, R. Sólidos suspensos e perdas de nutrientes no preparo do solo para o arroz irrigado. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.9, n.2, p.44-46, 1996.
- BELTRAME, L.S.; LOUZADA, J.A. Water use rationalization in rice irrigation by flooding. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON EFFICIENT WATER USE, 1., 1991, Cidade do México. **Anais...** Cidade do México: IWRA. 1991. p.337-345.
- COALE, F.J. et al. Phosphorus loss in agricultural drainage. **Journal Environmental Quality**, Madison, v.27, p.277-293, 1998.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Indicadores da Agropecuária**, Brasília, v.9, n.2, p.8, 2000.
- CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986. Classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa de seus níveis de qualidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 de julho de 1986.
- DANIEL, T.C. et al. Effect on extractable soil surface phosphorus on runoff water quality. **American Society of Agricultural Engineers**, Fayeteville, v.36, n.4, p.1079-1085, 1993.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rev. Atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

- HARRIS, C.L. et al. Impact of hardy ornamental nursery systems on the environmental: losses of nutrients and agrochemicals. **Agriculture Water Management**, Columbus, v.34, p.95-110, 1997.
- KUKAL, S.S.; AGGAWARD, G.C. Percolation losses of water in relation to puddling intensity and depth in sandy loam rice field. **Agricultural Water Management**, Columbus, v.57, p.49-59, 2002.
- LALONDE, V. et al. Effects of controlled drainage on nitrate concentrations in subsurface drain discharge. **Agricultural Water Management**, Columbus, v. 29, p.187-199, 1996.
- LICHENBERGER, E.; SHAPIRO, L.K. Agriculture and nitrate concentrations in Maryland Community water system wells. **Journal Environmental Quality**, Madison, v.26, n.1, p.145-152, 1997.
- MACEDO, V.R.M. et al. Rendimento de grãos, características físicas e consumo da água num solo sob sistemas de cultivo de arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1997, Balneário Camboriú, SC. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 1997. p.184-186.
- MACEDO, V.R.M. et al. Perdas de solo e nutrientes na água de drenagem durante o preparo do solo para o sistema de cultivo de arroz pré-germinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2001. p.247-249.
- MACEDO, V.R.M. et al. Perdas de nutrientes e solo em diferentes manejos da água no sistema pré-germinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú, SC. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 2003. p.184-186.
- MACHADO, S.L.O. et al. Determinação do consumo de água em cinco sistemas de cultivo do arroz irrigado. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis, SC. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2002. p.336-339.
- MARCHEZAN, E. et al. Manejo da adubação do arroz irrigado em sistema pré-germinado no rendimento de grãos e perda de nutrientes através da água de drenagem inicial. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.5, p.877-879, 2001.
- MARCHEZAN, E. et al. Perda de nutrientes na água de drenagem inicial na cultura do arroz irrigado. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis, SC. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2002. p.680-683.
- MARCOLIN, E. et al. Determinação do consumo de água em três sistemas de cultivo de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 1999. p.263-265.
- MOTA, F.S. et al. Informação climática para planejamento da necessidade de água para irrigação do arroz no Rio Grande do Sul. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.43, n.392, p.3-6, 1990.
- RIBOLDI, J. **Delineamentos experimentais de campo**. Porto Alegre: Instituto de Matemática da UFRGS, 1993. 71p.
- RIGHES, A.A. Drenagem: irrigação e drenagem em várzeas. In: SIMPÓSIO SOBRE ALTERNATIVAS AO MANEJO TRADICIONAL DE UTILIZAÇÃO DAS VÁRZEAS DO RS, Porto Alegre, RS, 1984. **Anais...** Goiânia, Porto Alegre: EMBRAPA/CNPAF, 1984. p.129-151.
- RIO GRANDE DO SUL. Portaria nº 05/89 de 16 de março de 1989-SSMA. Aprova as normas técnicas que dispõe sobre critérios e efluentes líquidos. **Diário Oficial**, Porto Alegre, 29 de março de 1989.
- TEDESCO, M.J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos, 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).
- WEBER, L. et al. Cultivares de arroz irrigado e nutrientes na água de drenagem em diferentes sistemas de cultivos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.1, p.27-33, 2003.
- WOPEREIS, M.C.S. et al. Water use efficiency of flooded rice fields. I-Validation of the soil-water balance model SAWAH. **Agricultural Water Management**, Columbus, v.26, p.277-289, 1994.

População de plantas, dose de nitrogênio e aplicação de fungicida na produção de arroz irrigado. II. Qualidade de grãos e sementes

Plant densities, nitrogen rates and foliar fungicide on grain production of irrigated rice. II. Seed and grain quality

Victor Marzari^I Enio Marchezan^{II} Leandro Souza da Silva^{III} Silvio Carlos Cazarotto Villa^I
Fernando Machado dos Santos^I Gustavo Mack Teló^{IV}

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de população de plantas, doses de nitrogênio e aplicação de fungicida na parte aérea sobre a qualidade física, fisiológica e sanitária dos grãos e sementes de arroz irrigado. O experimento foi realizado no ano agrícola 2003/04, no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria, RS. Os tratamentos constituíram-se de três populações de plantas (150, 265, 380 plantas m⁻²), cinco doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120, 160kg ha⁻¹ de N) e da aplicação de fungicida na parte aérea da cultura. A adubação nitrogenada foi aplicada em cobertura, sendo parcelada em duas épocas, a primeira aos 19 dias após a emergência (DAE), antes da entrada da água, e a segunda no momento da diferenciação do primórdio da panícula, aos 52 DAE. Não houve interação em terceiro grau para nenhum parâmetro avaliado. A elevação de doses de nitrogênio proporcionou maior teor de proteína nos grãos de arroz. A aplicação de fungicida contribui para a maior qualidade fisiológica e sanitária de sementes de arroz, elevando a germinação e o vigor e diminuindo a incidência de patógenos associados às sementes.

Palavras-chave: *Oryza sativa L.*, arroz irrigado, manejo.

ABSTRACT

This study was aimed at evaluating the effect of plant densities, nitrogen rates and foliar diseases control on the physical, physiological and sanitary qualities of rice seeds. The experiment was conducted during 2003/2004 growing seasons in Santa Maria-RS, Brazil. The treatments were: three plant densities (150, 260 and 380 plants m⁻²), five nitrogen rates (0, 40, 80, 120 and 160kg ha⁻¹), and control or no control of foliage diseases. The nitrogen fertilizer was top-dressed, and split in two times. There was no triple interaction among the

parameters evaluated. Increasing nitrogen rates resulted in higher seed protein content. The chemical control of diseases contributed for better physiological and sanitary qualities such as better germination and vigor and lower incidence of pathogens associated with seeds.

Key words: *Oryza sativa L.*, irrigated rice, management.

INTRODUÇÃO

A qualidade de grãos e sementes de arroz irrigado é um fator extremamente importante no momento da comercialização do produto e/ou da utilização da semente para a implantação da lavoura. Muitos fatores afetam essa qualidade, estando alguns deles diretamente relacionados às práticas de manejo da cultura. A uniformidade de maturação e o completo enchimento do grão no momento da colheita, por exemplo, são citados como fatores determinantes para a obtenção de lotes de grãos e sementes com boa qualidade física e fisiológica (MARCHEZAN et al., 1993). Esses fatores, por sua vez, estão relacionados com a população de plantas, o manejo do nitrogênio e a ocorrência de doenças, entre outras práticas de cultivo do arroz.

A população de plantas e a dose de nitrogênio afetam diretamente o número de afilhos por planta, influenciando a amplitude da umidade dos grãos e também a ocorrência de doenças fúngicas, inclusive

^IPrograma de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil.

^{II}Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), UFSM, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: emarch@ccr.ufsm.br. Autor para correspondência.

^{III}Departamento de Solos, CCR, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

^{IV}Curso de Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

nos grãos colhidos. Isso porque, utilizando-se densidades de semeadura maiores que as indicadas, bem como doses de nitrogênio maiores que as necessárias, tende-se a criar condições adequadas ao desenvolvimento de doenças, afetando o rendimento e a qualidade dos grãos. Em trabalhos realizados nos Estados Unidos, o incremento da população de plantas resultou em aumento da incidência de doença nos grãos, que foi favorecida ainda pela utilização de doses elevadas de nitrogênio (MISSISSIPI STATE UNIVERSITY EXTENSION SERVICE, 2002).

No Sul do Brasil, verificam-se aumento da incidência de doenças em arroz irrigado, especialmente das fúngicas. Estas ocorrem principalmente após a floração e atacam órgãos como panículas, folhas e colmos. Entre as doenças foliares, tem-se destacado a *Fisicularia* sp. e a *Drechslera* sp., exigindo-se a aplicação de fungicidas em muitas lavouras, dependendo das demais práticas de manejo. As doenças foliares diminuem a área foliar útil das plantas de arroz e, consequentemente, a capacidade da planta de realizar fotossíntese e produzir fotoassimilados, influenciando no enchimento de grãos e sementes em plantas infectadas (BEDENDO, 1997). Portanto, a quantidade proporcional de grãos inteiros, que determina o valor pago pelo produto, também é influenciada pela população de plantas de arroz e pela adubação nitrogenada à qual é submetida a cultura (BORREL et al., 1999).

Estudos com diferentes populações de plantas e tratamento fúngico no arroz irrigado obtiveram elevação na qualidade fisiológica e aumento na percentagem de germinação, além de sementes mais vigorosas no momento da emergência, quando houve aplicação de fungicida para o controle de doenças foliares (SOFIATTI et al., 2003). Dessa forma, a eficiência e a resposta ao controle de doenças foliares no arroz irrigado estão relacionadas com a população de plantas e com a dose de nitrogênio utilizada.

Também o teor de proteína no grão é influenciado pela população de plantas e pelos níveis de nitrogênio utilizados durante o cultivo. Geralmente, acrescendo-se nitrogênio para além da quantidade recomendada pelas pesquisas para a máxima produtividade, aumenta-se o teor de proteína no endosperma dos grãos de arroz (MARÍA et al., 2003). Já DE DATTA et al. (1972) obtiveram aumento do teor de proteína dos grãos de arroz com redução na densidade de plantas, tendo em vista que, sob menores densidades, mais nitrogênio torna-se disponível para as plantas, aumentando, em consequência, o teor de proteína dos grãos.

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a influência da população de plantas, das doses de nitrogênio e da aplicação de fungicida na parte aérea sobre a qualidade física, fisiológica e sanitária dos grãos de arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, durante a estação de crescimento de 2003/04, em área de várzea do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), localizada no município de Santa Maria, região climática da Depressão Central do Rio Grande do Sul (RS). Foram aplicados 30 tratamentos, associando três populações de plantas, 150, 265 e 380 plantas m⁻², com a cultivar "IRGA 417", semeada em 11 de novembro de 2003, sendo a emergência registrada 10 dias após a semeadura, cinco doses de nitrogênio 0, 40, 80, 120, 160kg ha⁻¹, sem e com aplicação de fungicida na parte aérea, para o controle de doenças (fungicida azoxistrobyn 100g i.a ha⁻¹). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com parcelas divididas e quatro repetições. O preparo do solo foi realizado por meio de operações de gradagens eplainamento superficial, sendo a cultura implantada no sistema convencional de cultivo. Para o isolamento das parcelas principais e das subparcelas experimentais, foram confeccionadas taipas, a fim de evitar o fluxo do fertilizante nitrogenado juntamente com água entre os tratamentos. A adubação de base foi realizada na semeadura, na quantidade de 90kg ha⁻¹ de K₂O e 30kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Para a adubação de cobertura, foi utilizada uréia como fonte de nitrogênio, sendo executada em dois momentos do ciclo de desenvolvimento da cultura. A primeira dose de nitrogênio foi aplicada no estádio V5 em solo não-inundado e a segunda no estádio R0, segundo escala proposta por COUNCE et al. (2000), sendo a dose total de cada tratamento igualmente dividida entre estes estádios. A irrigação teve início no estádio V5, sendo mantida uma lâmina de água constante de 5 a 10cm de altura sobre o solo. A subparcela tratada para o controle de doenças da parte aérea recebeu aplicação do fungicida azoxistrobyn (100g i.a ha⁻¹) no estádio R4. As demais práticas culturais foram realizadas conforme as recomendações técnicas da pesquisa para o arroz irrigado no Sul do Brasil (SOSBAI, 2003).

Após a colheita, realizou-se avaliação do rendimento industrial de grãos em uma amostra de 500g retirada do produto colhido para avaliação da produtividade. Esta amostra foi corrigida à umidade de

13%, sendo separada uma subamostra de 100g e realizado o beneficiamento. A seguir, os grãos inteiros foram pesados separadamente. O teor de proteína nos grãos foi determinado através da avaliação de nitrogênio nos grãos, conforme metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995), e multiplicado pelo fator de correção 5,95 (HOSENEY, 1991). O teste de germinação foi realizado com quatro repetições de 100 sementes obtidas após a colheita do arroz, sendo semeadas em rolo de papel, sobre duas folhas de papel filtro e uma folha de cobertura, umedecidas com água destilada. As sementes foram mantidas em temperatura constante de 25°C e a contagem final foi realizada aos 14 dias, considerando-se as plântulas normais de cada repetição.

Conjuntamente com o teste de germinação, foi realizado o teste de vigor, através da primeira contagem, computando-se os dados obtidos no quarto dia da instalação do teste de germinação, através da percentagem de plântulas normais. Utilizou-se também o teste de vigor através do teste de frio, sendo utilizadas quatro repetições de 100 sementes, colocadas em resfriamento a 22°C, durante quatro dias, e depois transferidas para o germinador. Dez dias após, as plântulas normais foram contadas. A análise da qualidade sanitária das sementes foi realizada utilizando-se o método do papel filtro (*blotter test*) para detecção de fungos em sementes. Foram utilizadas oito

repetições de 25 sementes, totalizando 200 sementes por amostra. A seguir, as sementes foram incubadas em ambiente controlado (20 + 2°C), com alternância de 12 horas de escuro e 12 horas de luz. Após sete dias, as sementes foram analisadas individualmente em estetoscópio, para observação da coloração e esporulação de fungos.

A análise de variância dos dados do experimento foi realizada através do teste F, sendo significativo a 5% de probabilidade de erro, e as médias dos fatores quantitativos, quando significativos, foram submetidas à análise de regressão polinomial, testando-se os modelos linear e quadrático, através do programa SOC.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi constatada interação tríplice para os parâmetros avaliados, sendo os mesmos discutidos considerando-se o efeito principal dos fatores estudados.

Em relação à população de plantas, houve acréscimo significativo na percentagem de grãos inteiros à medida que a população de plantas aumentou de 150 para 380 plantas m⁻² (Figura 1a). Tal comportamento contraria a hipótese de que menores populações de plantas proporcionariam abundante perfilhamento, provocando maior grau de

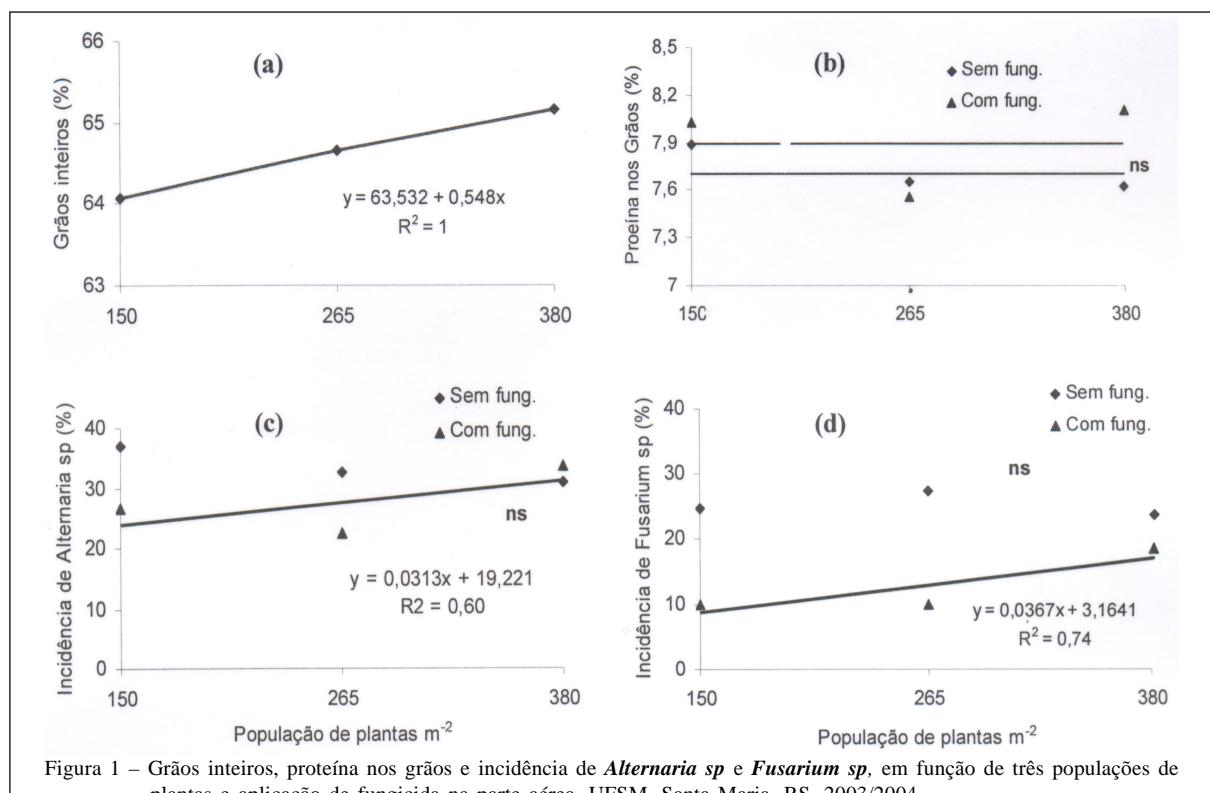


Figura 1 – Grãos inteiros, proteína nos grãos e incidência de *Alternaria sp* e *Fusarium sp*, em função de três populações de plantas e aplicação de fungicida na parte aérea, UFSM, Santa Maria, RS, 2003/2004.

desuniformidade de maturação entre grãos oriundos de diferentes perfilhos e, portanto, de menor quantidade de grãos inteiros. CANELLAS et al. (1997) também esperavam que maiores densidades de semeadura resultassem em melhor rendimento de engenho, o que não foi confirmado experimentalmente. Todavia, HÖFS et al. (2004), avaliando o efeito da densidade de semeadura em arroz sobre o rendimento de grãos inteiros, verificaram que este não foi afetado pela variação na densidade de semeadura, que variou de 80 a 200kg de sementes ha⁻¹. Cabe salientar que a percentagem de grãos inteiros obtida neste experimento com as três densidades pode ser considerada alta, sendo a amplitude de variação de apenas um ponto percentual, a qual foi detectada em função da elevada precisão experimental.

A população de plantas, dentro da faixa estudada, não afetou o teor de proteína (Figura 1b), enquanto que a aplicação de fungicida para controle de doenças da parte aérea proporcionou maior teor de proteína nos grãos (Tabela 1). A proteção da planta contra a incidência de doenças pode ter proporcionado às folhas um período maior de atividade fotossintética e, com isso, melhor aproveitamento do N absorvido.

Houve interação significativa entre a população de plantas e o controle químico de doenças para a incidência de fungos nos grãos, sendo evidenciada para *Alternaria* sp (Figura 1c) e *Fusarium* sp (Figura 1d). Aumentou-se a incidência destes patógenos em grãos e sementes de arroz com o incremento da população de plantas apenas quando realizada aplicação de fungicida. Sem a aplicação de fungicida, a incidência destes patógenos estabeleceu-se em patamares superiores, em relação à realização de controle, mas independentemente da população utilizada. A maior incidência de patógenos em função do aumento da população de plantas, quando foi aplicado fungicida, pode ser explicada pela maior dificuldade de se proteger as plantas quando ocorre um grande dossel vegetativo, reduzindo a cobertura com a pulverização foliar do fungicida.

Cabe ressaltar, ainda, que a incidência de fungos nos grãos e nas sementes de arroz irrigado situou-se em valores elevados, independentemente da utilização ou não do fungicida, se comparado ao trabalho de outros autores. MARCHEZAN et al. (2001), por exemplo, encontraram valores de incidência de *Alternaria* sp e *Fusarium* sp em torno de 10%, enquanto que, no presente trabalho, a incidência dos mesmos patógenos situou-se em 30 e 20%, respectivamente. Estes resultados estão de acordo com as observações de ocorrência de doenças a campo, onde se constata um aumento da incidência de doenças nos últimos anos e a necessidade de utilização de fungicidas com maior freqüência. Isto pode estar associado a duas razões principais: ao uso crescente de doses de nitrogênio, não sendo compatível com a população de plantas, e à semelhança de bases genéticas das cultivares utilizadas atualmente.

A percentagem de grãos inteiros (Figura 2a) não foi influenciada pelas doses de N, contrastando com BORREL et al. (1999), que relatam um aumento na percentagem de grãos inteiros com a elevação das doses de nitrogênio. Cabe ressaltar, no entanto, que a percentagem de grãos inteiros no presente experimento foi elevada, situando-se em 65%, mesmo quando não foi aplicado nitrogênio. Já o teor de proteína (Figura 2b) relacionou-se de forma quadrática com as doses de N, aumentando até a dose de 120kg ha⁻¹ de N, atingindo valores próximos a 8,2% de proteína. Esses resultados demonstram melhoria na qualidade nutricional do arroz com o aumento das doses de N, em concordância com MARÍA et al. (2003), que relatam elevação do teor de proteína nos grãos de acordo com a utilização de doses crescentes de nitrogênio. Entretanto, a maior produtividade de grãos foi obtida com 97kg ha⁻¹, conforme discutido em MARZARI et al. (2007), confirmando que há incremento do teor de proteína nos grãos quando a dose de N supera aquela recomendada para o máximo rendimento de grãos.

Tabela 1 – Grãos inteiros (GI), proteína (P), germinação (G), vigor pelo teste de frio (V(TF)) e vigor pela primeira contagem (V(PC)) em função da aplicação de fungicida na parte aérea, UFSM, Santa Maria, RS, 2003/2004.

Aplicação de fungicida	GI (%)	P (%)	G (%)	V (TF)	V (PC)
Com	65,0 ^{ns}	7,9a*	91,3 a*	81,0 a*	67,1a*
Sem	64,2	7,7 b	88,0b	76,5b	63,0b
Média	64,6	7,8	89,7	78,8	65,0
CV (%)	1,57	2,93	3,03	8,23	7,49

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade de erro.

*Médias não seguidas por mesma letra diferem entre si em nível de 5% de probabilidade de erro.

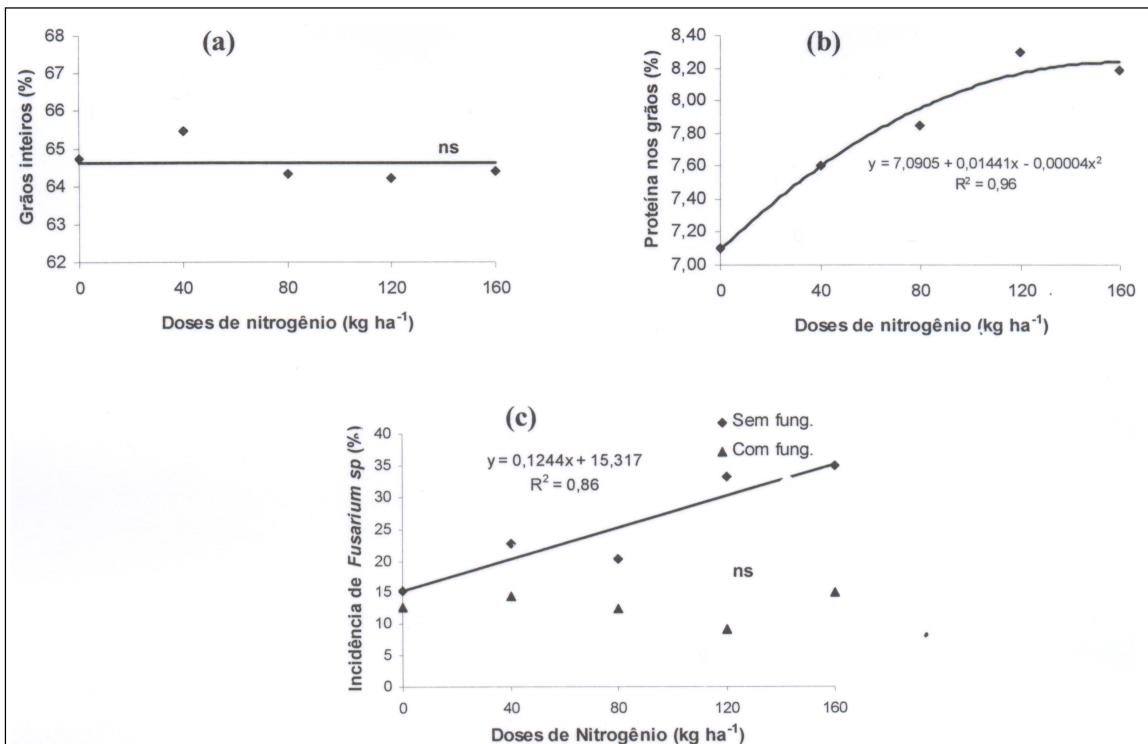


Figura 2 - Grãos inteiros, proteína nos grãos e incidência de *Fusarium* sp. em função de doses de nitrogênio e aplicação de fungicida em arroz irrigado, UFSM, Santa Maria, RS, 2003/2004.

As variáveis germinação e vigor de sementes, por sua vez, não foram influenciadas pelas doses de N, contrariando relatos de VIEIRA et al. (2003), que, trabalhando com distintas classes de solo de várzea, e, consequentemente, diferentes níveis de fertilidade, observaram que, nos solos com melhor condição de nutrição para a cultura, houve aumento na percentagem de germinação e vigor. Neste caso, é provável que outros nutrientes tenham influenciado mais esses parâmetros do que a disponibilidade de nitrogênio.

Em relação à incidência de *Fusarium* sp., ocorreu interação entre as doses de nitrogênio e a aplicação de fungicida na parte aérea (Figura 2c). Onde houve utilização de fungicida, a incidência do patógeno foi menor, independentemente da dose de nitrogênio utilizada. Já onde não foi realizada aplicação de fungicida, a incidência de *Fusarium* sp. nos grãos aumentou linearmente com o acréscimo das doses de nitrogênio. FAGERIA & PRABHU (2004) também verificaram o aumento da incidência de fungos sobre folhas e grãos com o aumento da adubação nitrogenada. Esse comportamento deve estar relacionado com a maior produção de massa vegetal com consequente diminuição da aeração entre plantas, resultando em microclima propício à proliferação de doenças fúngicas.

A porcentagem de grãos inteiros não foi influenciada pela aplicação de fungicida (Tabela 1). Teores mais elevados de proteína nos grãos foram encontrados onde se aplicou fungicida, embora com acréscimo pequeno em valores absolutos. A germinação e o vigor das sementes (Tabela 1), independentemente do teste utilizado, tiveram resposta positiva ao tratamento fúngico. Esses resultados são semelhantes aos de SOFIATTI et al. (2003), que observaram plantas mais vigorosas e com melhor índice de germinação com o tratamento fúngico em sementes de arroz.

Os patógenos avaliados nas sementes de arroz, *Alternaria* sp., *Drechslera oryzae*, *Fusarium* sp. e *Phoma* sp., tiveram seus valores de incidência diminuídos com a aplicação de fungicida na parte aérea (Tabela 2). SOFIATTI et al. (2003) também encontraram diminuição da incidência de patógenos nas sementes com a aplicação de fungicida. No entanto, a média de percentagem de incidência de fungos, neste trabalho, está acima da encontrada por FRANCO et al. (2001), que, em estudos, encontrou para *Alternaria* sp. 6,3%, *Fusarium* sp. 1,8% e *Phoma* sp. 11,1%.

CONCLUSÃO

A elevação da população de 150 para 380 plantas m⁻² e das doses de N de 0 para 160 kg ha⁻¹ aumentam a incidência de alguns patógenos como

Tabela 2 – Patologia de sementes de arroz em função da aplicação de fungicida, UFSM, Santa Maria, RS, 2003/2004.

Controle de doenças	<i>Alternaria sp.</i>	<i>Drechslera oryzae</i>	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Phoma sp.</i>
Com fungicida	27,5 a*	7,5 a*	12,9 a*	18,5a*
Sem Fungicida	39,6b	12,8b	25,3b	41,4b
Média	33,6	10,1	19,1	30,0
CV (%)	27,7	58,1	34,0	47,4

*Não-significativo a 5% de probabilidade de erro.

*Médias não seguidas por mesma letra diferem entre si em nível de 5% de probabilidade de erro.

Alternaria sp., **Drechslera oryzae**, **Fusarium** sp. e **Phoma** sp. associados às sementes de arroz, enquanto a utilização do fungicida no controle de doenças eleva a germinação e o vigor das sementes. O aumento da dose de nitrogênio até 120kg ha⁻¹ eleva o teor de proteína nos grãos de arroz. A aplicação de fungicida na parte aérea eleva o teor de proteína e melhora a qualidade fisiológica e sanitária de sementes e grãos de arroz.

AGRADECIMENTOS E APRESENTAÇÃO

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsas de Mestrado aos pesquisadores Marzari e Santos; ao CNPq, pela concessão de bolsa de produtividade em pesquisa ao pesquisador Marchezan, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pela concessão de bolsa de iniciação científica ao pesquisador Teló. À Universidade Federal de Santa Maria, pelo auxílio financeiro, e aos demais integrantes do Grupo de Pesquisa em Arroz e Uso Alternativo de Várzea da UFSM, pela assistência durante a realização dos experimentos.

Parte da Dissertação de Mestrado de Marzari, apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

REFERÊNCIAS

- BEDENDO, I.P. Doenças do arroz. In: KIMATI, H. et al. **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Ceres, 1997. Cap.10, p.85-99.
- BORREL, A.C. et al. Grain quality of flooded rice is affected by season, nitrogen rate, and plant type. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.50, n.8, p.1399-1408, 1999.
- CANELAS, L.P. et al. Efeito de práticas de manejo sobre o rendimento de grãos e a qualidade industrial dos grãos em arroz irrigado. **Ciência Rural**, v.27, n.3, p.375-379, 1997.
- COUNCE, P.A. et al. A uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. **Crop Science**, v.40, p.436-443, 2000.
- DE DATTA, S.K. et al. Protein content of rice grain as affected by nitrogen fertilizer and some triazines and substituted ureas. **Agronomy Journal**, v.64, n.6, p.785-788, 1972.
- FAGERIA, N.K.; PRABHU, A.S. Controle de brusone e manejo de nitrogênio em cultivo de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.2, p.123-129, 2004.
- FRANCO, C.F. et al. Fungos associados a sementes de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.7, n.3, p.235-236, 2001.
- HÖFS, A. et al. Efeito da qualidade fisiológica das sementes e da densidade de semeadura sobre o rendimento de grãos e qualidade industrial em arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v.26, n.2, p.54-62, 2004.
- HOSENEY, R.C. **Principios de ciencia y tecnologia de los cereales**. Zaragoza: ACRIBIA, 1991. 321p.
- MARCHEZAN, E. et al. Relações entre época de semeadura, de colheita e rendimento de grãos inteiros de cultivares de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.7, p.843-848, 1993.
- MARCHEZAN, E. et al. Controle de qualidade de sementes de arroz irrigado utilizadas em Santa Maria/RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.3, p.375-379, 2001.
- MARÍA, P.M. et al. Modificación en las fracciones proteicas del grano de arroz en distintos genotipos: efecto de la fertilización foliar nitrogenada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 2003, Itajaí, SC. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 2003. 850p. p.653-655.
- MARZARI, V. et al. População de plantas, dose de nitrogênio e aplicação de fungicida na produção de arroz irrigado I. Características Agronômicas. **Ciência Rural**, v.37, n.2, p.330-336, 2007.
- MISSISIPI STATE UNIVERSITY EXTENSION SERVICE. **Rice diseases in Mississipi: a guide to identification**. 2002. On line. Disponível na Internet em: www.msucares.com.
- SOFIATTI, V. et al. Efeito da aplicação de produtos fitossanitários e da densidade de semeadura sobre a produção de duas cultivares de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 2003, Itajaí, SC. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 2003. 850p. p.204-206.
- SOSBAI. SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Itajaí, SC, 2003. 126p.
- TEDESCO, J.M. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. p.174.
- VIEIRA, A.R. et al. Produtividade e qualidade de sementes de arroz produzidas sob inundação em diferentes classes de solo de várzea. **Ciência Agrotécnica**, v.27, n.3, p.578-584, 2003.

Desempenho do arroz irrigado em resposta à utilização de cianobactérias fixadoras de nitrogênio

Enio Marchesan^{1*}, Fernando Machado dos Santos², Luis Antonio de Avila¹, Edinalvo Rabaioli Camargo², Thomas Newton Martin³ e Edgardo Oscar Brenzoni⁴

¹Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. ²Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. ³Programa de Pós-graduação, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, São Paulo, Brasil.

⁴Rizobacter Argentina. *Autor para correspondência. E-mail: emarch@ccr.ufsm.br

RESUMO. O objetivo do presente estudo foi avaliar a utilização de inóculos de cianobactérias fixadoras de nitrogênio como alternativa à adubação química de nitrogênio na cultura do arroz irrigado. Para tanto, foram conduzidos quatro experimentos, nos anos agrícolas de 1999/00 a 2002/03, avaliando os tratamentos: testemunha sem aplicação de N em cobertura; 20 kg ha⁻¹ de N aplicado em cobertura; 40 kg ha⁻¹ de N aplicado em cobertura; 90 kg ha⁻¹ de N aplicado em cobertura; 50 g ha⁻¹ de Rizogram®; 100 g ha⁻¹ de Rizogram®. Verificou-se interação dos tratamentos com os anos avaliados, o que pode ter ocultado o desempenho destes. Além disso, verificou-se que, para a variável "número de grãos por panícula", a utilização de cianobactérias nas duas dosagens estudadas (50 e 100 g ha⁻¹) produziu resultados semelhantes à adubação nitrogenada (90 kg ha⁻¹), com potencial redução do número porcentual de espiguetas estéreis. Os tratamentos não afetaram o rendimento de grãos do arroz irrigado, devido às variações ambientais dos anos avaliados.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., biofertilizante, fixação biológica de nitrogênio.

ABSTRACT. Performance of paddy rice in response to the use of nitrogen-fixing cyanobacteria. A four-year experiment irrigated rice was carried out in order to evaluate the performance of *Nostoc* sp. and *Tolypothrix* sp. nitrogen-fixing cyanobacteria strains (Rizogram™), as an alternative to chemical nitrogen fertilization in irrigated rice. The treatments evaluated in the experiments included: control without top dressing N application; top dressing application of 20, 40 and 90 kg ha⁻¹; 50 g ha⁻¹ of Rizogram™, and 100 g ha⁻¹ of Rizogram™. It was verified interaction between the years of the study and the treatments, which may have affected the performance of these treatments. Moreover, it was observed that, for the number of grains per panicle, the use of cyanobacteria in two studied rates (50 e 100 g ha⁻¹) produced the same results as the nitrogen fertilization (90 kg ha⁻¹), showing potential reduction of sterile spikelets. However, the treatments did not affected rice grain yield.

Key words: *Oryza sativa* L., biofertilizer, biological nitrogen fixation.

Introdução

O nitrogênio (N) é um fator importante para elevar o rendimento de grãos em arroz irrigado, porém seu custo por unidade é elevado e, em muitos casos, sua adição na forma de fertilizantes apresenta baixa eficiência, principalmente devido à perda desse nutriente, causada por práticas culturais inadequadas (Araújo e Hungria, 1994). Atualmente, a fonte de N mais utilizada na cultura do arroz irrigado é a uréia, obtida através de processos que envolvem alto custo energético de produção. Além disso, o uso indiscriminado de fertilizantes nitrogenados pode

conduzir à contaminação dos mananciais hídricos, a partir da lixiviação e do escorrimento superficial.

A melhoria da utilização do solo, por meio da preservação e desenvolvimento das habilidades naturais dos organismos fixadores de nitrogênio, permite redução no uso de fertilizantes nitrogenados, com benefícios ecológicos, econômicos e ambientais (Valiente *et al.*, 2000). Entre essas formas alternativas de adubação nitrogenada, citam-se a adubação verde (Scivittaro *et al.*, 1999), a adubação orgânica (Marchezan *et al.*, 1997) e o uso de cianobactérias fixadoras do N₂.

atmosférico (Machado e Mattos, 2001).

Um dos maiores grupos de procariontes fotossintetizantes são as cianobactérias, que constituem uma proporção considerável da população microbiana em solo úmido. O ecossistema de arroz irrigado, então, apresenta-se como um ambiente favorável ao crescimento e à fixação de N₂ pelas cianobactérias, atendendo às suas exigências quanto à luz, água, temperatura e disponibilidade de nutrientes (Machado e Mattos, 2001). A fixação ocorre em células especializadas, denominadas heterocistos, onde a enzima nitrogenase catalisa a conversão do N₂ em amônia, tornando o N disponível para reações biológicas (Raven *et al.*, 2001). Desta forma, as cianobactérias contribuem significativamente para a fertilização do solo (Vaishampayan *et al.*, 1998), constituindo-se em uma alternativa promissora que incrementa a biodiversidade do solo e melhora sua estrutura pós-colheita (Mule *et al.*, 1999). Além disso, Kuritz (1999) verificou que algumas espécies também são hábeis em degradar agroquímicos, e Enany e Issa (2000) recomendam o uso de cianobactérias para purificação de águas contaminadas por metais pesados.

Segundo Irisarri *et al.* (2001), o potencial do uso das cianobactérias no ecossistema da produção de arroz depende da sua habilidade para crescer, colonizar e sobreviver. Segundo Machado e Mattos (2001), fatores como luminosidade, temperatura, pH do meio e níveis de fósforo influenciam no desenvolvimento das cianobactérias. Além de fertilizantes nitrogenados, outros agroquímicos habitualmente são empregados na cultura do arroz e seus efeitos na fixação de N por cianobactérias nativas não são conhecidos (Irisarri *et al.*, 2001). Os trabalhos envolvendo a eficiência da utilização de cianobactérias fixadoras de N atmosférico em condições de campo e nas condições brasileiras, para a cultura do arroz, são escassos e as respostas verificadas em laboratório são difíceis de serem repetidas em campo, especialmente devido a determinados fatores que limitam seu crescimento e à metodologia empregada.

Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho da cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.), através da utilização de inóculos de cianobactérias fixadoras de nitrogênio, como alternativa à adubação química de N.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em área de várzea sistematizada do Departamento de Fitotecnia da

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Estado do Rio Grande do Sul, por quatro anos consecutivos (anos agrícolas de 1999/2000 a 2002/2003), num Planossolo Hidromórfico eutrófico arênico, pertencente à Unidade de Mapeamento Vacacaí (Embrapa, 1999). O clima da região é subtropical úmido (Cfa), segundo a classificação de Köeppen, com precipitação pluvial média normal que varia de 1.322 mm a 1.769 mm por ano.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições, e as dimensões das unidades experimentais foram de 6 m x 4 m (24 m²), com área útil para estimativa do rendimento de grãos de 2 m x 3 m (6 m²). Os tratamentos foram: testemunha sem aplicação de N em cobertura (T1); 20 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia, aplicados em cobertura (T2); 40 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia, aplicados em cobertura (T3); 90 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia, aplicados em cobertura (T4); 50 g ha⁻¹ de Rizogram® (T5); 100 g ha⁻¹ de Rizogram® (T6). Rizogram® é um produto comercial da Rizobacter Argentina e contém inóculos de cianobactérias *Nostoc* sp. e *Tolyphothrix* sp.

O preparo do solo, no sistema convencional, consistiu de duas gradagens pesadas e três gradagens leves para nivelamento do terreno. Realizou-se a semeadura em linha com espaçamento de 0,17 m, sendo empregados 150 kg ha⁻¹ de sementes da cultivar IRGA 417, nos três primeiros anos, e da cultivar IRGA 420 no ano agrícola 2002/2003. A adubação de base foi realizada de acordo com a análise de solo, e as demais práticas de manejo foram aquelas recomendadas para a cultura. Nos tratamentos com N em cobertura, aplicou-se a metade da dose no início do perfilhamento e o restante na iniciação da panícula, na forma de uréia. A aplicação do Rizogram® foi realizada por aspersão, após a entrada da água de irrigação, utilizando-se um pulverizador costal pressurizado com CO₂, com volume correspondente a 100 L ha⁻¹.

O controle das plantas daninhas foi realizado 15 dias após a emergência do arroz, com aplicação dos herbicidas propanil e quinclorac nas doses de 1,4 kg e 0,6 kg de i.a. ha⁻¹, respectivamente, nos três primeiros anos, no último ano utilizou-se somente o herbicida propanil na dose de 1,4 kg de i.a. ha⁻¹. A irrigação foi estabelecida 20 dias após a emergência, e cada parcela possuía entrada e saída de água individual, como forma de evitar contaminação entre os tratamentos, sendo mantida uma lâmina de água de cerca de 0,10 m de altura durante todo o ciclo da cultura.

As variáveis analisadas foram: rendimento de grãos (RG); massa de mil grãos (MMG); número de

panículas por metro quadrado (NP); número de grãos por panícula (GP); esterilidade porcentual de espiguetas (EE); estatura de plantas (EP). O rendimento de grãos do arroz foi estimado através da colheita manual da área útil de cada parcela, quando os grãos apresentavam em torno de 22% de umidade. O produto foi submetido à trilha, à pesagem e à determinação da umidade de colheita. Separou-se uma amostra de 500 g por parcela e determinou-se o teor de impurezas da mesma; posteriormente, executou-se a secagem em máquina secadora de cereais, com temperatura da massa de grãos de 40°C, corrigindo-se a umidade para 13%. Para determinar a massa de mil grãos, número de espiguetas por panícula e esterilidade de espiguetas, coletou-se, ao acaso, 10 panículas nas parcelas. Já o número de panículas m^{-2} foi estimado a partir da contagem do número de panículas em um metro linear de cada parcela, extrapolado para metro quadrado. A estatura de plantas foi realizada anteriormente à colheita, considerando o comprimento da base da planta até a extremidade da panícula.

Os dados experimentais foram submetidos primeiramente à verificação das pressuposições do modelo matemático (aditividade, aleatoriedade, normalidade e homogeneidade de variância) e, em seguida, avaliados através da análise conjunta (quatro anos, seis tratamentos e quatro blocos por ano), considerando anos, blocos, interações ano x tratamentos e erros como sendo de efeito aleatório e tratamentos de efeito fixo. Utilizou-se o teste Duncan para a comparação das médias dos tratamentos, em nível de 5% de probabilidade de erro. As análises foram realizadas usando o software estatístico da Embrapa NTIA - SOC. Antes da análise, para os dados em porcentagem, aplicou-se transformação $Y_{ijk}^* = \sqrt{Y_{ijk}}$.

Resultados e discussão

As pressuposições do modelo matemático (aditividade, aleatoriedade, normalidade e homogeneidade de variâncias), para as seis variáveis nos quatro anos, foram respeitadas, exceto para a variável "esterilidade porcentual de espiguetas", onde o pressuposto "normalidade das variâncias" não foi atendido, justificando, assim, o emprego da transformação dos dados originais, a fim de normalizar sua distribuição. O respeito às pressuposições do modelo matemático aliado ao baixo valor do quadrado médio do erro indicou que os resultados referentes a estas variáveis possuíam uma boa qualidade experimental.

Na análise da variância conjunta (Tabela 1) para as variáveis avaliadas, verifica-se que os blocos são heterogêneos para as variáveis rendimento de grãos,

esterilidade porcentual de espiguetas e estatura de planta, indicando que o delineamento utilizado foi eficiente, sendo adequado para experimentos similares. Para as demais variáveis, não houve efeito significativo. Mesmo assim, tal delineamento pode ser aplicado em experimentos futuros nas mesmas condições experimentais.

Tabela 1. Análise de variância por ano e conjunta da aplicação de N e cianobactérias, graus de liberdade (GL), quadrado médio para rendimento de grãos (RG), massa de mil grãos (MMG), número de panículas m^{-2} (NP), número de grãos por panícula (GP), esterilidade porcentual de espiguela (EE) e estatura de plantas (EP) do arroz irrigado.

Fonte de Variação	GL	RG (t ha ⁻¹)	MMG (g)	NP	GP	EE (%)	EP (cm)
Safra 1999/2000							
Bloco	3	39,05 ^{ns}	0,48 ^{ns}	1726,41 ^{ns}	26,23 ^{ns}	0,23 ^{ns}	33,16 ^{ns}
Tratamento	5	54,82 ^{ns}	1,05 ^{ns}	4452,70 ^{ns}	124,10 ^{ns}	0,54*	9,89 ^{ns}
Erro	15	0,21	0,43	3050,07	143,07	0,06	19,39
Média		8,02	20,23	443,98	78,92	5,66	78,90
CV		5,78	2,49	12,49	15,15	10,54	5,58
Safra 2000/2001							
Bloco	3	3,16 *	0,12 ^{ns}	2104,22 ^{ns}	169,00 ^{ns}	0,09 ^{ns}	8,17 ^{ns}
Tratamento	5	1,99 *	0,63 ^{ns}	733,21 ^{ns}	90,17 ^{ns}	0,20 ^{ns}	14,13 ^{ns}
Erro	15	0,44	0,28	2904,43	95,18	0,11	9,97
Média		7,06	27,45	381,61	75,91	5,11	77,60
CV		9,41	1,93	14,12	12,85	14,71	4,07
Safra 2001/2002							
Bloco	3	67,03 *	0,78 ^{ns}	3619,61 ^{ns}	50,94 ^{ns}	0,09 ^{ns}	42,47*
Tratamento	5	23,08 *	0,70 ^{ns}	2467,40 ^{ns}	150,80 ^{ns}	0,09 ^{ns}	72,88*
Erro	15	0,71	0,54	2662,18	84,51	0,11	6,76
Média		7555,54	25,50	491,25	72,75	5,91	72,74
CV		11,21	2,89	10,50	12,63	13,84	3,57
Safra 2002/2003							
Bloco	3	27,42 ^{ns}	1,66 ^{ns}	1469,83 ^{ns}	430,28 *	1,06 *	4,43 ^{ns}
Tratamento	5	31,39 ^{ns}	0,70 ^{ns}	1211,86 ^{ns}	203,57 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,03 ^{ns}
Erro	15	0,32	0,50	604,60	121,54	0,28	3,24
Média		7,60	26,00	488,91	111,92	20,61	91,25
CV		7,46	2,71	5,02	9,85	11,64	1,97
Análise conjunta							
Bloco (ano)	12	2,63 *	0,76 ^{ns}	2230,02 ^{ns}	169,11 ^{ns}	0,37*	22,06*
Ano (A)	3	3,72 *	16,60*63366,35*	7953,04*28,72*1488,68*			
Tratamento (T)	5	2,40 ^{ns}	1,29 ^{ns}	5013,86*	232,43 ^{ns}	0,45*	42,88*
A x T	15	0,92*	0,60 ^{ns}	1283,78 ^{ns}	112,07 ^{ns}	0,13 ^{ns}	18,35*
Erro	60	0,42	0,44	2305,32	111,08	0,14	9,84
Média		7,56	26,3	85,00	451,00	9,5	80,00
CV		8,61	2,25	12,42	10,63	12,96	3,91

* e ns: Significativo e não significativo pelo teste F ($p < 0,05$), respectivamente.

Com relação à fonte de variação ano, foram observados valores significativos para todas as variáveis, indicando, assim, uma heterogeneidade entre os anos avaliados, que pode ser atribuída parcialmente ao clima e à mudança de cultivar. A heterogeneidade dos anos se refletiu no rendimento de grãos e na estatura de plantas, resultando na interação significativa entre tratamento e ano para estas variáveis. Isso indica que o desempenho dos tratamentos não foi similar em todos os anos, havendo um diferente ranqueamento para os tratamentos em cada um dos anos avaliados, o que dificulta detecção do melhor tratamento para essas variáveis. Das variáveis testadas, apenas o número de panículas m^{-2} e a esterilidade de espiguetas apresentaram diferenças entre os tratamentos na média dos anos de estudo.

A estatura de plantas apresentou média de 80 cm, não demonstrando diferença significativa entre os tratamentos. Estes dados contrariam os encontrados por Cano *et al.* (1993) que, trabalhando com *Tolypothrix tenuis* na Argentina, aplicado sozinho ou combinado com uréia, verificaram maior estatura de plantas do arroz irrigado para os tratamentos que continham cianobactérias. O valor médio de esterilidade de espiguetas nos quatro anos foi de 9,5%, apresentando diferença entre os tratamentos, embora as diferenças tenham sido da ordem de 2%, o que pode ser considerado um valor normal, em função de este parâmetro ser fortemente influenciado pela ocorrência de temperaturas baixas durante a fase de formação dos órgãos reprodutivos.

Na Tabela 2, encontram-se os resultados das variáveis analisadas nos quatro anos e a análise conjunta ao final.

Tabela 2. Médias dos tratamentos para as variáveis rendimento de grãos (RG), massa de mil grãos (MMG), número de grãos por panícula (GP), número de panículas m⁻² (NP), esterilidade porcentual de espigueta (EE%) e estatura de plantas (EP), em cada um dos anos e pela análise conjunta dos anos.

Tratamentos	RG (t ha ⁻¹)	MMG (g)	NP	GP	EE	EP (cm)
	Safras 1999/2000					
Testemunha	8,10 ^{ns}	26,59 ^{ns}	380,53 ^{ns}	80,22 ^{ns}	4,18 b [*]	78,02 ^{ns}
20 kg de N ha ⁻¹	7,83	26,06	441,66	75,92	4,74 b	78,42
40 kg de N ha ⁻¹	8,16	27,00	468,05	75,55	5,40 b	79,30
90 kg de N ha ⁻¹	7,56	26,29	451,43	84,87	9,52 a	80,12
Rizogram® 50 g ha ⁻¹	7,83	25,56	448,61	85,45	5,67 b	80,95
Rizogram® 100 g ha ⁻¹	8,63	25,89	473,61	71,50	5,60 b	76,55
-----Safras 2000/2001-----						
Testemunha	6,75 ab [*]	27,15 ^{ns}	388,20 ^{ns}	73,47 ^{ns}	3,80 ^{ns}	74,50 ^{ns}
20 kg de N ha ⁻¹	7,20 ab	27,80	370,60	78,82	6,35	77,02
40 kg de N ha ⁻¹	7,65 ab	27,85	383,82	73,35	4,32	78,67
90 kg de N ha ⁻¹	8,06 a	26,85	402,95	82,37	6,30	80,12
Rizogram® 50 g ha ⁻¹	6,26 b	27,70	364,67	78,20	5,37	77,95
Rizogram® 100 g ha ⁻¹	6,42 b	27,40	379,42	69,22	5,32	77,35
-----Safras 2001/2002-----						
Testemunha	7,18 b [*]	25,25 ^{ns}	551,00 ^{ns}	68,50 ^{ns}	5,60 ^{ns}	72,95 b [*]
20 kg de N ha ⁻¹	6,87 b	25,25	500,00	69,75	5,32	68,87 b
40 kg de N ha ⁻¹	8,25 ab	25,75	485,25	72,50	5,37	74,55 ab
90 kg de N ha ⁻¹	8,69 a	26,25	428,00	85,00	7,15	80,20 a
Rizogram® 50 g ha ⁻¹	6,85 b	25,25	492,25	70,25	7,00	69,05 b
Rizogram® 100 g ha ⁻¹	7,46 ab	25,25	491,00	70,50	5,80	70,85 b
-----Safras 2002/2003-----						
Testemunha	7,30	26,00 ^{ns}	562,00 ^{ns}	115,75 ^{ns}	21,50 ^{ns}	91,37 ^{ns}
20 kg de N ha ⁻¹	7,56	25,75	592,50	107,50	20,75	91,27
40 kg de N ha ⁻¹	7,68	26,50	403,50	102,25	20,50	90,85
90 kg de N ha ⁻¹	8,10	26,50	410,75	108,25	21,25	92,10
Rizogram® 50 g ha ⁻¹	7,40	25,75	481,25	121,75	20,75	90,62
Rizogram® 100 g ha ⁻¹	7,56	25,50	483,50	116,00	21,00	91,27
-----Análise conjunta-----						
Testemunha	7,34 ^{ns}	26,3 ^{ns}	420 ^{ns}	85 ab [*]	8,7 b [*]	79 ^{ns}
20 kg de N ha ⁻¹	7,37	26,2	451	83 ab	9,3 b	79
40 kg de N ha ⁻¹	7,94	26,8	460	80 b	8,9 b	81
90 kg de N ha ⁻¹	8,11	26,5	473	90 a	11,0 a	83
Rizogram® 50 g ha ⁻¹	7,09	26,1	447	89 ab	9,7 ab	80
Rizogram® 100 g ha ⁻¹	7,52	26,0	457	81 ab	9,4 b	79

*Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Duncan ($p < 0,05$). ^{ns} Mestre F não significativo ($p < 0,05$).

A observação dos resultados em cada ano revela respostas diferenciadas aos tratamentos aplicados, para o rendimento de grãos em dois anos e somente

em um ano para a esterilidade de espiguetas e estatura de plantas. Para as demais variáveis, não foi verificado efeito dos tratamentos em nenhum dos quatro anos. Nos dois anos em que se obtiveram respostas dos tratamentos para o rendimento de grãos, a dose de 90 kg ha⁻¹ de N destacou-se dos demais tratamentos. Por meio dos resultados individuais dos anos, verificou-se a interação entre o ambiente e os tratamentos, principalmente pelo fato do desenvolvimento das cianobactérias sofrerem grande influência das condições climáticas (Cano *et al.*, 1993), assim como a eficiência do uso dos fertilizantes nitrogenados pela planta.

A análise conjunta revela a influência dos tratamentos sobre as variáveis número de grãos por panícula e esterilidade de espiguetas, porém sem efeito sobre a principal variável em estudo, o rendimento de grãos. Os resultados obtidos concordam com Valiente *et al.* (2000), que também não encontraram diferença no rendimento de grãos entre os tratamentos com cianobactérias e doses de N. Contudo, Marchezan *et al.* (2005) indicaram que a esterilidade de espiguetas é a variável que mais reduz o rendimento de grãos de arroz; em contrapartida, a massa de mil grãos é o componente de rendimento que mais influencia positivamente o rendimento de grãos. Dessa forma, nem a utilização de cianobactérias nem o N mineral (tratamentos) refletiram em aumento do rendimento de grãos, sugerindo que outras fontes de N do solo contribuíram para suprir a demanda de nitrogênio pela planta, resultando em produtividades de 7.000 a 8.000 kg ha⁻¹. A contribuição de N orgânico do solo como principal fonte é citada por diversos autores. Kealey (1994) relata que, mesmo em situações onde se aplicou adubo nitrogenado, o fornecimento de N do solo foi de 90% do N total utilizado pela planta. Assim, o N absorvido do solo pode ter ocultado a resposta à aplicação nitrogenada mineral e a resposta às cianobactérias aplicadas como tratamento. Segundo Vlek e Byrnes (1986), a recuperação do N aplicado variou de 20 a 40% do total utilizado; já De Datta (1981) cita que o aproveitamento da aplicação pode situar-se em 10%, dependendo dos fatores de clima, solo e manejo.

O maior número de grãos por panícula foi obtido no tratamento de 90 kg ha⁻¹ de N, na análise conjunta dos anos avaliados. Apesar disso, esse tratamento também foi responsável pelo maior porcentual de espiguetas estéreis. Os resultados apresentados para a variável esterilidade porcentual de espiguetas indicam que o tratamento 90 kg ha⁻¹ de

N foi o que apresentou o maior porcentual, não diferindo do tratamento Rizogram® 50 g ha⁻¹. Os demais tratamentos diferiram desses anteriores formando um grupo com a menor porcentagem de espiguetas estéreis. Yanni e El-Fattah (1999) verificaram que a utilização de cianobactérias pode proporcionar aumento no número de panículas m⁻², o que não foi verificado no trabalho ora apresentado. Mesmo no tratamento que apresentou melhor resposta (90 kg ha⁻¹ de N), o número de panículas m⁻² não se refletiu no incremento do rendimento de grãos, o que se deve, possivelmente, à maior esterilidade de espiguetas apresentada por este tratamento e à compensação entre os demais componentes do rendimento de grãos.

A falta de resposta dos parâmetros à aplicação de N e de cianobactérias no experimento pode, em parte, estar relacionada à disponibilidade de N orgânico no solo. Segundo Larrosa (2000), o N orgânico do solo é a principal fonte de nitrogênio absorvido pelas plantas do arroz. Sendo assim, as plantas avaliadas neste experimento podem, da mesma forma, ter absorvido o N orgânico do solo, ocultando a resposta da aplicação de N mineral e de cianobactérias. Por outro lado, a não-resposta à aplicação de N pode também ser devido às perdas de N por vários processos, como a lixiviação, a denitrificação, a volatilização de amoníaco e o escorrimento superficial. Os processos de perda de N, juntamente com o N proveniente de reservas do solo e variações bastante acentuadas no clima dos anos avaliados, podem ter ocultado potenciais respostas provenientes da utilização das cianobactérias. Tais efeitos certamente seriam minimizados em condições controladas de ambiente. Quesada *et al.* (1997) estimam que o N fixado pela não-presença de cianobactéria varia de 0,23 até 75,5 kg ha⁻¹ ano⁻¹, enquanto que a presença de cianobactéria proporciona um incremento de 2 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N. Por outro lado, autores como Balachandar *et al.* (2004), utilizando *Nostoc muscorum* e N marcado (uréia) em sistema hidropônico para a cultura do arroz, verificaram que aos 30 dias essas cianobactérias contribuíram com 16-28% do N absorvido pela planta, mesmo na presença de N mineral na solução hidropônica.

Dessa forma, outros estudos com relação à utilização de cianobactérias, e principalmente aos principais fatores que interagem com seu desenvolvimento, devem ser realizados, para o entendimento da fixação de N e sua consequente liberação para as plantas de arroz.

Conclusão

Os tratamentos não afetaram o rendimento de grãos do arroz irrigado, devido às variações ambientais dos anos avaliados, e em alguns anos a aplicação de N proporcionou a obtenção de rendimento superior.

Referências

- ARAÚJO, R.S.; HUNGRIA, M. *Microorganismos de importância agrícola*. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1994.
- BALACHANDAR, D. *et al.* Evaluating nitrogen transfer efficiency of immobilized cyanobacteria to rice seedlings by ¹⁵N technique. *Int. Rice Res. Notes*, Manila, v. 29, n. 1, p. 53-54, 2004.
- CANO, M.S. *et al.* Biofertilization of rice plants with the cyanobacterium *Tolypothrix tenuis* (40 d). *Int. J. Exp. Bot.*, Santa Fé, v. 54, n. 2, p. 149-155, 1993.
- DE DATTA, S.K. *Principles and practices of rice production*. New York: John Wiley and Sons, 1981.
- EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999.
- ENANY, A.E.E.; ISSA, A.A. Cyanobacteria as a biosorbent of heavy metals in sewage water. *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, Amsterdan, v. 8., n. 2, p. 95-101, 2000.
- IRISARRI, P. *et al.* Cyanobacteria in Uruguayan rice fields: diversity, nitrogen fixing ability and tolerance to herbicides and combined nitrogen. *J. Biotechnol.*, Bielefeld, v. 91, p. 95-103, 2001.
- KEALEY, L.M. *et al.* Presowing nitrogen fertilizer management for aerial sown rice on puddled soil. In: *Proceedings...* Yanco, New South Wales: Yanco Agricultural Institute, 1994. p. 553-562.
- KURITZ, T. Cyanobacteria as agent for the control of pollution by pesticides and chlorinated organic compounds. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, Munich, v. 85, p. 186-192, 1999.
- LARROSA, R.F.M. *Eficiência da aplicação de nitrogênio no perfilhamento do arroz em três manejos de irrigação*. 2000. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.
- MACHADO, M.O.; MATTOS, M.L.T. Cianobactérias como fonte de nitrogênio orgânico para a cultura do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2., REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001. *Anais...* Porto Alegre: Instituto Rio Grandense do Arroz, 2001. p. 288-289.
- MARCHESAN, E. *et al.* Análise de coeficiente de trilha para os componentes de produção em arroz. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1027-1033, 2005.
- MARCHESAN, E. *et al.* Produção de arroz irrigado com adubação orgânica e mineral em primeiro ano após sistematização. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997. *Anais...* Itajaí: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, 1997. p. 213-214.

- MULE, M.C.Z. *et al.* Effects of cyanobacterial inoculation and fertilizers on rice seedling and postharvest soil structure. *Commun. Soil Scien. Plant Analys.*, Phyladelfia, v. 30, n. 1, p. 97-107, 1999.
- QUESADA, A. *et al.* Environmental factors controlling N₂-fixation in mediterranean rice fields. *Microb. Ecol.*, New York, n. 34, p. 39-48, 1997.
- RAVEN, P.H. *et al.* *Biologia vegetal*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogam, 2001.
- SCIVITTARO, W.B. *et al.* Aproveitamento do nitrogênio do adubo verde *Sesbania rostrata* pela cultura do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1., REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999. *Anais...* Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 375-378.
- VAISHAMPAYAN, A. *et al.* Use of genetically improved nitrogen-fixing cyanobacteria in rice paddy fields: Prospects as a source material for engineering herbicide sensitivity and resistance in plants. *Bot. Acta*, Erlangen, v. 111, n. 3, p. 176-190, 1998.
- VALIENTE, E.F. *et al.* Contribution of N₂ fixing cyanobacteria to rice production: availability of nitrogen from 15N-labelled cyanobacteria and ammonium sulphate to rice. *Plant Soil*, Rotterdam, v. 221, p. 107-112, 2000.
- VLEK, P.L.; BYRNES, B.H. The efficacy and loss of fertilizer N in lowland rice. *Fertilizer Res.*, Dordrecht, v.9, p. 131-147, 1986.
- YANNI, Y.G.; EL-FATTAH, F.K.A. Towards integrated biofertilization management with free living and associative dinitrogen fixers for enhancing rice performance in the Nile Delta. *Symbiosis*, New Scotia, v. 27, n. 3-4, p. 319-331, 1999.

Received on December 02, 2005.

Accepted on August 02, 2006.

MANEJO DOS FERTILIZANTES FOSFATADOS E POTÁSSICOS EM ARROZ IRRIGADO NO SISTEMA PRÉ-GERMINADO (¹)

ENIO MARCHEZAN (²*); EDINALVO RABAOLI CAMARGO (²); TOMMI SEGABINAZZI (³)

RESUMO

No sistema pré-germinado de cultivo de arroz irrigado, em função da drenagem inicial, as perdas de nutrientes podem ser significativas, dependendo do manejo da adubação adotado, podendo afetar o ambiente e a sustentabilidade do sistema. Nas safras agrícolas de 2000/2001 a 2003/2004 foram desenvolvidos experimentos na Universidade Federal de Santa Maria, com o objetivo de avaliar métodos de adubação fosfatada e potássica na perda de nutrientes na drenagem inicial e na produtividade do arroz irrigado no sistema pré-germinado de cultivo. Os tratamentos foram compostos por sete manejos da adubação fosfatada e potássica, combinando época de aplicação e incorporação ou não dos fertilizantes. As concentrações de fósforo e nitrogênio medidas na água da drenagem inicial não foram influenciadas pelo momento e modo de aplicação dos fertilizantes, sendo quantificado na média dos quatro anos de estudo, em níveis de 0,07 e 0,81 mg L⁻¹ de fósforo e nitrogênio respectivamente. No entanto, para potássio, observa-se que menor quantidade foi carreada juntamente com a água da drenagem inicial, naqueles tratamentos cuja adubação de base foi realizada aos 10 e 30 dias após a semeadura, bem como no tratamento-testemunha. Os manejos de adubação testados, não influenciaram os parâmetros agronômicos avaliados na cultura do arroz irrigado. A produtividade do arroz irrigado não é influenciada pelo momento e modo de realização da adubação fosfatada e potássica, porém se não for mantida lâmina contínua de água a aplicação de fósforo e potássio deve ser executada após a drenagem inicial, a fim de reduzir as perdas de potássio.

Palavras-chave: adubação, drenagem inicial, *Oryza sativa* L., perda de nutrientes, várzea

ABSTRACT

PHOSPHATE AND POTASSIUM FERTILIZATION MANAGEMENT
IN PRE-GERMINATED RICE SYSTEM

In pregerminated rice system, initial water drainage promotes nutrient losses, depending on fertilizer management, leading to environmental problems. During the 2000/01 and 2003/04 growing seasons experiments were conducted at Universidade Federal de Santa Maria aiming to evaluate the effect of phosphorus and potassium fertilizer application methods on nutrient losses and pregerminated rice grain yield. The treatments were seven phosphorus and potassium fertilization methods combining application time and incorporated or not incorporated. Phosphorus and nitrogen concentration measured at initial water drainage were not affected by time or method of fertilizer application. The average of phosphorus and nitrogen were 0.07 and 0.81 mg L⁻¹ respectively. However, less potassium runoff was verified in the treatments where the fertilizer was applied 10 and 30 days after sowing as well as on the check treatment. The treatments tested did not affect the rice agronomic traits. Rice yield was not affected by the phosphorus and potassium fertilization timing and method of application, but when the permanent flooding is not kept on the phosphorus and potassium application need to be done after the initial drainage to reduce potassium losses.

Key words: fertilizer, initial drainage, *Oryza sativa* L., nutrients loss, lowland.

(¹) Recebido para publicação em 8 de fevereiro de 2006 e aceito em 21 de novembro de 2006.

(²) Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Fitotecnia, Prédio 44, Sala 5335, 97105-970 Santa Maria (RS). E-mail: emarch@ccr.ufsm.br (*) Autor correspondente; nalvo@mail.ufsm.br. Bolsistas do Conselho Nacional e Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

(³) Rua Souza Júnior, 672, Bairro Mecejana, Boa Vista (RR). 69304-552. E-mail: t_segabinazzi@yahoo.com.br.

1. INTRODUÇÃO

No sistema pré-germinado de cultivo de arroz, o solo é mantido com lâmina de água por cerca de 20 dias antes da semeadura, realizada com sementes pré-germinadas sobre essa lâmina. A inundação promove alterações químicas e biológicas que resultam, entre outras transformações, no aumento da disponibilidade de nutrientes na solução do solo (HERNÁNDEZ e MEURER, 2000; SILVA et al., 2003). Nesse período, realiza-se a aplicação de fertilizantes fosfatados e potássicos, incorporando-os ou apenas distribuindo-os sobre o solo após o nivelamento.

No entanto, a maior disponibilidade de nutrientes na solução do solo, resultante das reações de oxiredução na área inundada e, sobretudo, oriundas da aplicação dos fertilizantes antes da semeadura, pode induzir à perda de fertilidade do sistema, em função do manejo de drenagem inicial adotado, visando ao melhor estabelecimento das plântulas. Fatores como lixiviação (BELTRAME et al., 1992), ausência de plântulas de arroz (SILVA et al., 2003), escorramento superficial e situações de extravasamento da água dos quadros em condições de precipitações pluviais elevadas, podem influenciar na manutenção dos nutrientes na área.

Em trabalho realizado por MARCHEZAN et al. (2002), visando quantificar as perdas de nutrientes decorrentes da drenagem inicial no sistema pré-germinado, observa-se carreamento juntamente com a água drenada de quantidades correspondentes a 3,78; 0,1 e 4,83 kg ha⁻¹, respectivamente, para N, P e K. No entanto, WEBER et al. (2003), observaram concentrações de nutrientes mais elevadas, ao efetuarem a drenagem inicial dos sistemas pré-germinado, mix de pré-germinado e transplante de mudas, as quais, na média dos sistemas, situaram-se em 5,02; 2,06; 10,33 kg ha⁻¹ para N, P e K. A maior quantidade observada por esses autores, pode ser explicada pelo reduzido intervalo de tempo entre a aplicação dos fertilizantes e a drenagem subsequente que, nas condições de realização do trabalho, foi de seis dias.

Desta forma, observa-se que as perdas de nutrientes podem ser significativas, dependendo do manejo da adubação e da água utilizados. Essas perdas podem afetar o ambiente através da eutrofização das águas, especialmente quando o nutriente envolvido é o fósforo (SHARPLEY et al., 2000), além de reduzir a fertilidade do solo, comprometendo a sustentabilidade do sistema. No sul da China, CHEUNG et al. (2003), investigando os níveis de nutrientes e metais pesados na água e sedimentos em rios, detectaram altas concentrações de nutrientes na água, com valores máximos de 10, 22 e 2,9 mg L⁻¹ para amônio, nitrato e fosfato respectivamente. Na Itália,

DAVIDE et al. (2003), caracterizando a presença de sedimentos e elementos suspensos na água de rio, observaram moderada poluição em todos os locais amostrados, indicando a influência antrópica, decorrentes das atividades urbanas e rurais.

Uma das alternativas que poderia ser adotada para reduzir as perdas de nutrientes é a realização da adubação potássica e fosfatada depois de efetuada a semeadura. Com esse manejo, pode-se minimizar a retirada de nutrientes da área através da drenagem inicial, desde que não ocorra redução da produtividade do arroz.

Assim, este experimento objetivou avaliar o efeito combinado da época de aplicação e da incorporação ou não da adubação fosfatada e potássica na perda de nitrogênio, fósforo e potássio pela drenagem inicial e em parâmetros agronômicos da cultura do arroz irrigado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante quatro safras agrícolas, de 2000/2001 a 2003/2004, em área de várzea sistematizada do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, em um Planossolo Hidromórfico eutrófico arênico, com as seguintes características físico-químicas: argila: 270 g kg⁻¹; pH_{água}(1:1): 4,8; P: 8,8 mg dm⁻³; K: 56 mg dm⁻³; e M.O.: 22 g dm⁻³. As parcelas possuíam 3 x 4 m, totalizando área útil de 12 m², sendo individualmente isoladas com taipas. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições e sete tratamentos, listados a seguir: [T1] aplicação dos fertilizantes fosfatados e potássicos 20 dias antes da semeadura (DAS) e incorporação ao solo; [T2] aplicação dos fertilizantes 20 DAS, sem incorporação; [T3] aplicação dos fertilizantes 5 DAS e incorporação ao solo; [T4] aplicação dos fertilizantes 5 DAS, sem incorporação; [T5] aplicação dos fertilizantes a lanço 10 dias após a semeadura; [T6] aplicação dos fertilizantes a lanço 30 dias após a semeadura e T7: testemunha sem aplicação dos fertilizantes potássicos e fosfatados.

Em todas as safras agrícolas, o preparo do solo foi realizado anteriormente à entrada de água. Na safra de 2000/2001, efetuaram-se gradagens com posterior aplainamento superficial da área e construção de taipas, objetivando isolar as parcelas experimentais. Nos anos subsequentes, o preparo do solo foi realizado no interior de cada parcela com auxílio de enxada rotativa e aplainamento da superfície do solo. Imediatamente após o preparo do solo executou-se a inundação da área, mantendo-se lâmina de água média de 10 cm, sendo a semeadura

realizada aos 20 dias após essa operação, com a utilização de 120 kg ha⁻¹ de sementes da cultivar IRGA 419. A drenagem inicial das parcelas foi efetuada três dias após a semeadura e a irrigação definitiva foi retornada posteriormente em dois dias, sendo a lâmina de água aumentada gradativamente, conforme o desenvolvimento da cultura.

A adubação de base, caracterizada pela aplicação dos fertilizantes potássicos e fosfatados, foi realizada em conformidade com os tratamentos propostos, utilizando-se 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, nas formas de superfosfato triplo e cloreto de potássio respectivamente. As quantidades foram aplicadas com base nas recomendações técnicas da cultura para o Sul do Brasil, considerando os critérios de interpretação da análise de solo, onde os teores de fósforo no solo situavam-se na classe alta e os de potássio na classe média. Nos tratamentos com incorporação dos fertilizantes, essa operação foi realizada manualmente com enxada logo após sua aplicação. A adubação nitrogenada foi parcelada em duas aplicações, uma no perfilhamento e outra na diferenciação da panícula, utilizando-se 45 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia em cada ocasião. Na safra de 2000/2001, o controle de plantas daninhas foi executado pela aplicação de herbicidas pós-emergentes: quinclorac, azimsulfuron e metsulfuron, nas dosagens de 375, 5 e 2 g ha⁻¹ i.a. respectivamente. Nos anos seguintes as plantas daninhas de folhas largas e ciperáceas, foram controladas com os herbicidas azimsulfuron e metsulfuron, nas mesmas dosagens referidas anteriormente.

Por ocasião da drenagem inicial, coletaram-se amostras da água removida em cada unidade experimental, com o objetivo de mensurar as perdas de nitrogênio, fósforo e potássio. A amostragem foi composta por três subamostras, representando a água da superfície, da parte média e da parte inferior da lâmina. As amostras foram acondicionadas em recipientes de vidro (cor âmbar), previamente lavados com solução-limpeza. Na safra de 2002/2003, a determinação dos nutrientes foi realizada pelo Laboratório do Departamento de Química da UFSM, sendo o potássio (K⁺), quantificado por espectrometria de absorção atômica; o fosfato (PO₄⁻³) e o nitrato (NO₃⁻) com cromatografia iônica; e amônio (NH₄⁺), por espectrofotometria de absorção molecular. Nas demais safras, a determinação dos nutrientes foi realizada seguindo metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995). Para nitrogênio, as análises foram realizadas somente nas safras de 2001/2002 e 2002/2003. Ao considerar-se uma lâmina drenada de 0,10 m de profundidade, observa-se que as concentrações determinadas em mg L⁻¹, correspondem exatamente à quantidade de nutriente perdida em kg ha⁻¹.

Além dos nutrientes contidos na água de drenagem inicial, foram avaliados na cultura do arroz irrigado os seguintes parâmetros: produtividade, acamamento de plantas, esterilidade de espiguetas, grãos por panícula e massa de mil grãos. Para a avaliação do acamamento foram consideradas as seguintes classes: [0] 0% de acamamento; [1] 1% a 20% de acamamento; [2] 21% a 40 % de acamamento; [3] 41% a 60 % de acamamento; [4] 61% a 80% de acamamento e [5] 81% a 100 % de acamamento. Por ocasião da colheita, realizou-se a observação visual na área das parcelas experimentais, relacionando a porcentagem de plantas acamadas com a classe correspondente.

Os dados obtidos nos experimentos foram submetidos à análise conjunta e as médias comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro. Os resultados expressos em porcentagem foram transformados para arco seno por ocasião da análise.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As quantidades de fósforo e nitrogênio retiradas do sistema juntamente com a água da drenagem inicial não foram influenciadas pelo momento ou modo de aplicação dos fertilizantes, sendo quantificado na média dos quatro anos de estudo, 0,07 e 0,81 mg L⁻¹ de fósforo e nitrogênio respectivamente (Tabela 1). Para esses nutrientes e considerando-se as normativas vigentes, as quantidades determinadas na água, em todos os anos de estudo, encontram-se abaixo dos níveis máximos permitidos pela Portaria n.º 05, de 1989 da Secretaria de Saúde e do Meio Ambiente (SSMA, 1989), que limita em 1 e 10 mg L⁻¹ respectivamente, a concentração de fósforo e nitrogênio total para efluentes líquidos que, possivelmente, sejam lançados em corpos d'água. Por outro lado, os resultados encontrados para fósforo, na média das safras de 2000/2001 e 2001/2002, situam-se acima do estabelecido pela resolução n.º 357 do CONAMA (2005). Segundo essa resolução, os teores de fósforo não deveriam ser superiores a 0,025 mg L⁻¹.

Nos Estados Unidos, a Agência de Proteção Ambiental estabeleceu recentemente níveis recomendados de fósforo e nitrogênio total, para cada uma das regiões em que o país foi dividido, buscando reduzir problemas com excesso de nutrientes em corpos de água e fazendo inclusive distinções com relação ao tipo de manancial. Dessa forma, os critérios são variáveis, pois consideram as particularidades de cada região, sendo utilizados não somente para regulamentar, mas também para guiar os Estados, sendo ponto de partida para os padrões de qualidade da água (EPA, 2004).

Para as condições norte-americanas, os valores recomendados para os distintos mananciais e nas diferentes regiões não devem exceder 0,128 mg L⁻¹ para fósforo e 2,18 mg L⁻¹ para nitrogênio, sendo na maioria dos casos menores aos observados na água de drenagem do presente experimento. Assim justifica-se a preocupação de identificar manejos que proporcionem menores perdas de nutrientes do sistema produtivo para os mananciais hídricos.

Para potássio, observa-se que, na média dos quatro anos, menor quantidade foi carreada juntamente com a água da drenagem inicial naqueles tratamentos em que a adubação de base foi realizada aos 10 e 30 dias após a semeadura, bem como no tratamento-testemunha, indicando perdas maiores

caso o potássio esteja dissolvido ou em suspensão no momento da retirada da água. Uma medida plausível para reduzir a saída de potássio do sistema, quando da realização da drenagem inicial, pode ser a aplicação dos fertilizantes potássicos posteriormente à implantação da cultura. Ainda para potássio, não se observaram diferenças para a perda de nutrientes via água de drenagem, entre os manejos de adubação realizados anteriormente à semeadura, estando os teores entre 3,16 a 4,05 mg L⁻¹ de potássio. Em contrapartida, nos tratamentos cuja adubação foi realizada posteriormente à semeadura ou mesmo não foi executada (testemunha), as concentrações de potássio na água situaram-se entre 2,34 e 2,54 mg L⁻¹, quantidades significativamente menores.

Tabela 1. Concentração de fósforo, potássio e nitrogênio na água de drenagem inicial, proporcionais às perdas de nutrientes, nos distintos manejos da adubação de base no sistema pré-germinado de arroz irrigado

Safras	Manejo dos fertilizantes fosfatados e potássicos ⁽¹⁾							Média ⁽²⁾
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	
Fósforo (mg L ⁻¹) ⁽³⁾								
2000/01	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10 B
2001/02	0,24	0,12	0,12	0,21	0,12	0,22	0,10	0,16 A
2002/03	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01 D
2003/04	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02 C
Média	0,09	0,06	0,07	0,08	0,06	0,09	0,05	0,07
C.V.=	37,6							
Potássio (mg L ⁻¹)								
2000/01	3,65	3,65	5,70	4,70	2,85	2,85	3,35	3,82 A
2001/02	2,90	2,85	2,95	3,05	2,65	2,50	1,40	2,61 B
2002/03	3,03	2,47	2,74	3,51	1,07	1,56	1,58	2,28 B
2003/04	4,20	3,70	3,90	4,90	2,80	3,25	3,05	3,68 A
Média	3,44 a	3,16 ab	3,82 a	4,05 a	2,34 b	2,54 b	2,34 b	3,10
C.V.=	34,7							
Nitrogênio (mg L ⁻¹)								
2000/01	-	-	-	-	-	-	-	-
2001/02	1,45	1,78	1,53	1,13	1,04	1,91	2,01	1,55 A
2002/03	0,07	0,04	0,09	0,05	0,07	0,07	0,07	0,07 B
2003/04	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	0,76	0,92	0,81	0,59	0,56	0,99	1,04	0,81
C.V.=	81,4							

⁽¹⁾ [T1] aplicação dos fertilizantes fosfatados e potássicos 20 dias antes da semeadura (DAS) e incorporação ao solo. [T2] aplicação dos fertilizantes 20 DAS, sem incorporação. [T3] aplicação dos fertilizantes 5 DAS e incorporação ao solo. [T4] aplicação dos fertilizantes 5 DAS, sem incorporação. [T5] aplicação dos fertilizantes à lanço 10 dias após a semeadura. [T6] aplicação dos fertilizantes à lanço 30 dias após a semeadura e [T7]: testemunha sem aplicação dos fertilizantes potássicos e fosfatados.

⁽²⁾ Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem na coluna pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; e minúscula, na linha.

⁽³⁾ Ao considerar-se uma lâmina drenada de 0,10 m de profundidade, observa-se que as concentrações determinadas em mg L⁻¹, correspondem exatamente à quantidade de nutriente perdida em kg ha⁻¹.

- Dados não processados.

Autores como WEBER et al. (2003) demonstram que as perdas podem afetar a sustentabilidade da atividade e também relatam a necessidade de reduzi-las com a utilização de maior período de tempo entre adubação/preparo final do solo e a drenagem subsequente. Cabe salientar que o preparo da área foi realizado com solo não-inundado. Nessa condição, pequena quantidade de solo entra em suspensão na lâmina de água, condicionando menor perda de nutrientes. Possivelmente, se o preparo da área fosse realizado com lâmina de água, existiriam mais sólidos em suspensão na água e as perdas de nutrientes seriam maiores do que os valores observados. De qualquer forma, a saída de água dos quadros, independentemente do momento e modo de execução da adubação de base, propicia a retirada de nutrientes do sistema, que por menores que sejam, podem provocar, a longo prazo, o empobrecimento do solo e a contaminação dos mananciais hídricos. Mesmo nos tratamentos que não receberam adubação, verificaram-se perdas de nitrogênio, fósforo e potássio através da água removida, evidenciando-se com isso, que se deve buscar a combinação de manejos de água e adubação que permitam a produção sustentável de arroz. Essas perdas também podem ser evitadas, pelo manejo da água de irrigação, com manutenção de lâmina contínua, desde a inundação da área (MARCHEZAN et al., 2004). As variações observadas entre as safras com relação à perda de nutrientes (Tabela 1), além das influências ambientais de cada ano, podem estar associadas aos métodos de quantificação, especialmente para fósforo e nitrogênio na safra de 2002/2003.

Os manejos de adubação testados, na média dos quatro anos, não influenciaram os parâmetros avaliados na cultura do arroz irrigado (Tabela 2). Com relação à produtividade, obteve-se média de 6960 kg ha⁻¹, havendo variações entre 4594 kg ha⁻¹, na safra com menor produtividade até 9516 kg ha⁻¹ na mais produtiva. Os resultados sugerem a realização da adubação de base no sistema pré-germinado após a semeadura e/ou o estabelecimento da cultura, especialmente com relação ao potássio, a fim de reduzir a saída desse nutriente quando da drenagem inicial. Ademais, a realização da adubação de base, aliada à elevação da temperatura, propiciam condições favoráveis ao desenvolvimento de algas (DIAZ-PULIDO e McCook, 2005), que dificultam o estabelecimento das plântulas, especialmente quando ocorrem antes de ser efetuada a semeadura ou na fase inicial de desenvolvimento da cultura.

Assim, propõem-se a execução da adubação de base juntamente com a primeira adubação nitrogenada de cobertura, buscando reduzir custos.

Por outro lado, verificou-se que as quantidades de fósforo e potássio fornecidas, não elevaram os níveis de produtividade, uma vez que o tratamento-testemunha obteve comportamento semelhante àqueles com utilização da adubação. Da mesma forma, MACHADO e FRANCO (1995), avaliando a eficiência do parcelamento da adubação potássica para com a produtividade do arroz irrigado cultivado no sistema pré-germinado, não observaram incremento de produtividade com a utilização deste nutriente. CASTILHOS et al. (2002), buscando explicar a ausência de resposta à adubação potássica pela cultura do arroz irrigado, estudaram a contribuição da mineralogia como fonte potencial deste nutriente e identificaram minerais primários e secundários que contêm potássio e podem disponibilizá-lo. Ainda, CASTILHOS e MEURER (2002), avaliando o suprimento de K em solos cultivados com arroz irrigado por alagamento, concluem que o K trocável não é a única forma do elemento no solo capaz de nutrir as plantas, havendo contribuição de formas de K não trocável, que podem explicar a falta de resposta a esse nutriente em experimentos de campo.

Para fósforo, quando um solo é submerso e as condições de redução são estabelecidas, ocorre aumento da sua concentração na água, bem como na sua disponibilidade, o que talvez explique a baixa ou, até mesmo, a falta de resposta do arroz irrigado à aplicação desse nutriente ao solo (GUILHERME et al. 2000), conforme observado para os níveis de produtividade do presente trabalho (Tabela 2).

Notadamente, observam-se variações nos parâmetros produtivos no decorrer das safras, que estão fortemente atreladas às condições climáticas. Na safra de 2002/2003, ocorreram dois temporais no fim de fevereiro, com alta intensidade de chuvas e ventos de até 120 km h⁻¹, que provocaram o acamamento de plantas e reflexos negativos à produtividade, apesar dos valores obtidos (7095 kg ha⁻¹). Além disso, observou-se na média do experimento, 19,3% de espiguetas estéreis, sendo esse valor o mais elevado entre os anos de estudo. Na safra de 2001/2002, a ocorrência de acamamento foi decisiva para a obtenção da menor produtividade entre os anos de estudo, ocasião em que mais de 61% das plantas acamaram, comprometendo inclusive o pleno enchimento dos grãos. Em contrapartida, na safra de 2003/2004 obteve-se a maior produtividade, sendo esta decorrente de fatores climáticos favoráveis, tais como: elevada radiação e ausência de temperaturas baixas nas fases críticas de cultura, que propiciaram elevado número de grãos por panícula, reduzida esterilidade de espiguetas e excelente enchimento dos grãos.

Tabela 2. Produtividade, grãos por panícula, esterilidade de espiguetas, massa de mil grãos e de classes de acamamento, para os manejos da adubação de base no sistema pré-germinado de arroz irrigado

Safras	Manejo dos fertilizantes fosfatados e potássicos ⁽¹⁾							Média ⁽²⁾
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	
Produtividade (kg ha ⁻¹)								
2000/01	6738	6694	6790	6694	6787	6573	6180	6637 C
2001/02	4158	4082	4511	4506	4811	5338	4751	4594 D
2002/03	7428	7182	6948	7462	6964	7015	6666	7095 B
2003/04	9205	9686	9906	9745	9582	9245	9241	9516 A
Média	6822 ^{ns}	6911	7039	7102	7036	7042	6709	6960
C.V.=	8,9							
N.º de grãos por panícula								
2000/01	67	68	57	57	79	64	58	64 C
2001/02	89	92	85	84	90	85	82	87 AB
2002/03	85	78	78	82	72	81	82	80 B
2003/04	88	94	86	95	87	91	93	91 A
Média	82 ^{ns}	83	77	79	82	81	78	80
C.V.=	12,9							
Esterilidade de espiguetas (%)								
2000/01	20,0	16,0	16,3	16,8	16,8	19,3	19,3	17,8 A
2001/02	17,2	16,0	14,2	13,0	13,2	15,2	14,0	14,7 B
2002/03	18,5	20,5	18,7	20,5	17,7	22,0	17,5	19,3 A
2003/04	15,7	12,7	11,2	14,0	13,0	15,7	15,7	14,0 B
Média	17,9 ^{ns}	16,3	15,1	16,1	15,2	18,1	16,6	16,5
C.V.=	23,0							
Massa de mil grãos (g)								
2000/01	26,5	26,3	25,8	26,0	26,3	24,8	26,0	25,9 B
2001/02	24,0	24,5	23,5	24,2	24,2	24,0	24,5	24,1 B
2002/03	25,7	25,7	25,7	25,2	25,2	26,0	25,0	25,5 B
2003/04	28,0	29,2	27,0	27,2	28,0	28,0	28,2	27,9 A
Média	26,1 ^{ns}	26,4	25,5	25,7	25,9	25,7	25,9	25,9
C.V.=	8,9							
Classes de acamamento								
2000/01	0	0	0	0	0	0	0	0
2001/02	4	4	4	4	4	4	4	4
2002/03	5	4	5	4	5	3	5	4
2003/04	0	0	0	0	0	0	0	0

⁽¹⁾ [T1] aplicação dos fertilizantes fosfatados e potássicos 20 dias antes da semeadura (DAS) e incorporação ao solo. [T2] aplicação dos fertilizantes 20 DAS, sem incorporação. [T3] aplicação dos fertilizantes 5 DAS e incorporação ao solo. [T4] aplicação dos fertilizantes 5 DAS, sem incorporação. [T5] aplicação dos fertilizantes à lanço 10 dias após a semeadura. [T6] aplicação dos fertilizantes à lanço 30 dias após a semeadura e [T7]: testemunha sem aplicação dos fertilizantes potássicos e fosfatados.

⁽²⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, na comparação entre as safras.

^(ns) Teste F não significativo a 5% de probabilidade.

4. CONCLUSÕES

1. A drenagem inicial no sistema pré-germinado de arroz irrigado proporciona perda de fósforo, potássio e nitrogênio, independentemente do momento da aplicação e da incorporação ou não da adubação de base.

2. As perdas de potássio são influenciadas pelo manejo da adubação, sendo menores quando a adubação é realizada após a semeadura da cultura.

3. A produtividade do arroz irrigado não é influenciada pelo momento e modo de realização da adubação fosfatada e potássica, porém a aplicação de fósforo e potássio deve ser executada após a drenagem inicial, a fim de reduzir as perdas de potássio.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos demais integrantes do Grupo de Pesquisa em Arroz e Uso Alternativo de Várzea pela assistência durante os anos de realização do experimento, bem como ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de estudo concedidas e pelo suporte financeiro.

Os autores agradecem também ao Engenheiro Agrônomo Leandro Homrich Lorentz, pelo auxílio despendido na realização das análises estatísticas.

REFERÊNCIAS

BELTRAME, L.F.S.; IOCHPE, B.; ROSA, S.M. da; MIRANDA, T.L.G. de. Lixiviação de íons em solo cultivado com arroz irrigado por inundação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.16, p. 203-208. 1992.

CASTILHOS, R.M.; MEURER, E.J.; KÄMPF, N.; PINTO, L.F.S. Mineralogia e fontes de potássio em solo no Rio Grande do Sul cultivados com arroz irrigado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.26, p.579-587, 2002.

CASTILHOS, R.M.V.; MEURER, E.J. Suprimento de potássio de solo do Rio Grande do Sul para arroz irrigado por alagamento. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.26, p.977-982, 2002.

CHEUNG, K.C.; POON, B.H.T; LAN, C.Y.; WONG, M.H. Assessment of metal and nutrient concentrations in river water and sediment collected from the cities in the Pearl River Delta, South China. *Chemosphere*, v. 52, p.1431-1440. 2003.

CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005. 23p.

DIAZ-PULIDO, G.; MCCOOK, L.J. Effects of nutrient enhancement on the fecundity of a coral reef macroalga. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Groton, v. 317, p. 13-24. 2005.

DIVADE, V.; PARDOS, M.; DISERENS, J.; UGAZIO, G.; THOMAS, R.; DOMINIK, J. Characterisation of bed sediments and suspension of the river Po (Italy) during normal and high flow conditions. *Water Research*, Lyngby, v. 37, p. 2847-2864. 2003.

EPA, Environmental Protection Agency. Clean Water Act. Water Science. **Water Quality Criteria. Nutrients**. Disponível em: <<http://www.epa.gov/waterscience/criteria>> Acesso em: 03 de dezembro de 2004.

GUILHERME, L.R.G.; CURI, N.; SILVA, M.L.N.; RENÓ, N.B.; MACHADO, R.A.F. Adsorção de fósforo em solo de várzea do Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.24, p.27-34, 2000.

HERNÁNEZ, J.; MEURER, E.J. Disponibilidade de fósforo em seis solos do Uruguai afetada pela variação temporal das condições de oxirredução. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.24, p.19-26, 2000.

MACHADO, M.O.; FRANCO, J.C.B. Parcelamento da adubação potássica em arroz pré-germinado, no solo Pelotas (Planossolo). In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21, 1995. Porto Alegre, RS. *Anais...* Porto Alegre: Instituto Rio Grandense do Arroz, 1995. p.177-180.

MARCHEZAN, E.; CAMARGO, E.R.; LOPES, S.I.G.; MACHADO, F.M.; MICHELON, S. Desempenho de genótipos de arroz irrigado cultivados no sistema pré-germinado com inundação contínua. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 34, n.5, p.1349-1354. 2004.

MARCHEZAN, E.; MACHADO, S.L.O.; RIGHES, A.A.; SANTOS, F.M. dos; SEGABINAZZI, T. Perda de nutrientes na água de drenagem inicial na cultura do arroz irrigado. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7, 2002. Florianópolis, SC. *Anais...* Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p.680-683.

MOLEN, D.T.V.D.; BREEUWSMA, A.; BOERS, P.C.M. Agriculture nutrient losses to surface water in Netherlands: impact, strategies, and perspectives. *Journal Environmental Quality*, Madison, v. 27, p. 4-11. 1998.

SARPLEY, A.; FOY, B.; WITHERS, P. Practical and innovative measures for the control of agricultural phosphorus losses to water: an overview. *Journal of Environmental Quality*, Madison, v.29, n.1, p.1-9. 2000.

SILVA, L.S.da; SOUSA, R.O.de; BOHNEN, H. Alterações nos teores de nutrientes em dois solos alagados, com e sem plantas de arroz. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 33, n.3, p. 487-490. 2003.

SSMA, Secretaria da Saúde e Meio Ambiente. Portaria nº 05/89 de 16 de março de 1989. Aprova a Norma Técnica que dispõem sobre critérios e efluentes líquidos... **Diário Oficial**, Porto Alegre, 29 de março de 1989.

TEDESCO, M.J. GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS, Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos, 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5)

WEBER, L.; MARCHEZAN, E.; CARLESSO, R.; MARZARI, V. Cultivares de arroz irrigado e nutrientes na água de drenagem em diferentes sistemas de cultivo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n.1, p. 27-33. 2003.

Manejo da irrigação em cultivares de arroz no sistema pré-germinado

Irrigation management in rice cultivars in the pre-geminated system

Enio Marchezan^I Gabriel Adolfo Garcia^{II} Edinalvo Rabaioli Camargo^{III}
Paulo Fabricio Sachet Massoni^{II} Diego Rost Arosemena^{II}
Ana Paula Binato Beltrão de Oliveira^{IV}

RESUMO

No sistema pré-germinado de cultivo de arroz, a área é inundada antes da semeadura e, cerca de três dias após, promove-se a drenagem inicial para favorecer o estabelecimento das plântulas, ocasionando a perda de água e de nutrientes. Assim, testaram três manejos de irrigação: [M1], retirada da água três dias após a semeadura; [M2], retirada de água aos 30 dias após a semeadura e [M3], sem retirada de água, associados a cultivares de arroz, com o objetivo de avaliar a produtividade do arroz e a perda de nutrientes via água de drenagem. Os manejos testados não influenciaram os parâmetros avaliados na cultura do arroz. Para a produtividade, os valores oscilaram conforme as características de cada ano, obtendo-se médias de 5.100, 9.565 e 7.078kg ha⁻¹ para as safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05, respectivamente. Apenas em 2003/04, as cultivares diferiram em produtividade. Nas safras 2002/03 e 2003/04, as perdas de fósforo foram semelhantes entre os tratamentos, mas, em 2004/05, ocorreram maiores perdas quando a água foi retirada aos três dias após a semeadura. Para potássio, as maiores concentrações também foram observadas nas amostras de água coletadas aos três dias após a semeadura. Os resultados indicam que deve-se manter lâmina contínua, pois este manejo proporciona a preservação dos nutrientes dentro da lavoura, não afeta a produtividade e reduz o impacto ambiental nos mananciais hídricos.

Palavras-chave: fósforo, potássio, perda de nutrientes, drenagem inicial, *Oryza sativa* L., produtividade.

ABSTRACT

In the pre-germinate system, the rice field is flooded before sowing and about three days later, the initial drainage takeplace in order to promote the plants initial growth but there occurs loss of nutrients and water. Then, three irrigation

managements have been evaluated: water removal three days after sowing, water removal 30 days after sowing and without water removal, associating three rice cultivars with the objective to measuring rice grains yield, and loss nutrients with water removal. The water managements evaluated have not influenced the rice plant parameters. The grains yield varied according to the year, with an average 5,100, 9,565 and 7,078kg ha⁻¹ ha in the years 2002/03, 2003/04 and 2004/05, respectively. Only in 2003/04, the grains yield was different among the rice cultivars. In 2002/03 and 2003/04, the phosphorous nutrient was similar among treatments, but in 2004/05 a great loss occurred when water removed three days after sowing. Concerning potassium, the highest concentrations were observed in water when it was removed three days after sowing. Results demonstrate that a continuous water sheet should be kept to preserve the nutrients within the field since it does not affect the crop yield and reduce the environmental impact of the water bodies.

Key words: phosphorous, potassium, loss of nutrients, initial drainage, *Oryza sativa* L., productivity.

INTRODUÇÃO

O sistema pré-germinado de cultivo de arroz irrigado se posiciona como uma alternativa aos demais sistemas utilizados por apresentar peculiaridades de manejo e ainda proporcionar a obtenção de altas produtividades em áreas infestadas por arroz vermelho e preto. Dentre as características deste sistema, estão a inundação da área aproximadamente 20 dias antes da semeadura e também a adoção da drenagem inicial da lavoura, cerca de três dias após a realização da

^IDepartamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. Email: emarch@ccr.ufsm.br. Autor para correspondência.

^{II}Curso de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, UFSM, CCR, Santa Maria, RS, Brasil.

^{III}Programa de Pós-graduação em Agronomia, UFSM, CCR, Santa Maria, RS, Brasil.

^{IV}Autônoma, Santa Maria, RS, Brasil.

semeadura, com o objetivo de proporcionar melhor estabelecimento inicial às plântulas de arroz. LAURETTI et al. (2001) citam que a “turvação” da água antes da semeadura prejudica o desenvolvimento e a população de plantas quando a lâmina de água não é eliminada por evaporação ou retirada após a semeadura. No entanto, esta prática implica maior consumo de água, retirada de nutrientes do sistema, além da reinfestação por plantas daninhas, especialmente pelo arroz vermelho.

Avaliando a utilização de água para o sistema pré-germinado, MACHADO et al. (2006) obtiveram volume de $6.216\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ para todo o ciclo da cultura, onde cerca de 20% deste total foi utilizado para a formação da lâmina de água. Com isso, a drenagem inicial implica a perda de considerável volume de água, sendo este recurso limitante em algumas regiões produtoras e um dos principais itens na composição do custo de produção.

Esta mesma água utilizada para a inundação da área de cultivo antes da implantação da cultura altera as características químicas e biológicas do solo, possibilitando o aumento na disponibilidade de nutrientes. SILVA et al. (2003), avaliando a alteração da concentração de nutrientes em um Planossolo, observaram aumento nos teores de fósforo com o tempo de alagamento, decorrente do processo de redução do ferro e a consequente liberação do fósforo adsorvido.

Assim, os nutrientes presentes na solução do solo, oriundos das reações ocorridas após a inundação da área ou ainda os provenientes da adubação de base, efetuada antes da semeadura, podem ser carreados para fora da lavoura, em decorrência do manejo de drenagem inicial usualmente adotado.

Buscando mensurar a concentração de nutrientes perdidos através da drenagem inicial nos sistemas pré-germinado, mix de pré-germinado e transplante de mudas, WEBER et al. (2003) observaram, na média dos sistemas, perdas de 5,02; 2,06; 10,33kg ha^{-1} para N, P e K, respectivamente. Estas concentrações altas de nutrientes na água de drenagem podem estar ligadas ao pequeno período de tempo entre a adubação de base e a drenagem subsequente, que foi de seis dias.

Dessa forma, constata-se que as perdas de nutrientes podem ser significativas, variando com o manejo de água adotado, afetando o ambiente através da eutrofização das águas, principalmente quando o nutriente envolvido é o fósforo (SHARPLEY et al., 2000), além de reduzir a fertilidade do solo, comprometendo a sustentabilidade do sistema.

A manutenção contínua da lâmina de água durante todo o ciclo da cultura, quando comparada à

irrigação intermitente, proporciona maiores produtividades (HASSAN & SARKAR, 1993). No entanto, ISHIY et al. (1999) citam o acamamento de plantas como maior fator limitante na adoção de lâmina contínua, pois este dificulta a colheita, minimizando o potencial produtivo e a qualidade de grãos, sendo o acamamento influenciado por diversos fatores, dentre os quais KONO (1995) cita as condições climáticas, o sistema de cultivo e a cultivar utilizada.

Neste contexto, propostas como o retardamento da drenagem inicial e a manutenção de lâmina de água de forma contínua por todo o período de cultivo assumem grande importância, pois são alternativas de manejo que podem proporcionar maior sustentabilidade ao sistema produtivo, minimizando a saída de água e nutrientes da lavoura, proporcionando maior eficiência à produção orizícola.

Com isso, conduziu-se experimentos a campo durante três safras agrícolas, objetivando avaliar diferentes manejos da água de irrigação, através da perda de nutrientes e da produtividade de cultivares de arroz irrigado no sistema pré-germinado.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nas safras agrícolas 2002/03, 2003/04 e 2004/05, na área experimental de várzea do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria/RS, em solo classificado como Planossolo Hidromórfico eutrófico arênico. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema bifatorial com parcelas subdivididas. Nas parcelas principais (12 x 3m), foram dispostos os níveis do fator A (manejos da água de irrigação): [M1], retirada da água aos três dias após a semeadura; [M2], retirada da água aos 30 dias após a semeadura; [M3] = sem retirada da água, permanecendo lâmina de água contínua. Nas subparcelas (4 x 3m), foram alocados os níveis do fator D (cultivares), utilizando-se na safra 2002/03 as cultivares “BR-IRGA 410”, “IRGA 419” e “BRS-Taim”; na safra 2003/04, as cultivares “IRGA 419”, “BRS-Taim” e “Sabore” e, na safra 2004/05, as cultivares “BR-IRGA 410”, “IRGA 420” e “BRS-Taim”.

O preparo do solo, em todos os anos, foi executado em solo seco, por meio de gradagens e posterior nivelamento superficial do terreno. Após o nivelamento, procedeu-se a construção das taipas e inundaçao da área, efetuada 20 dias antes da semeadura, realizada em 30/11/2002, 18/10/2003 e 23/10/2004 nas safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05, respectivamente, utilizando-se 120kg ha^{-1} de sementes.

Nas safras 2002/03 e 2003/04, a adubação de base foi efetuada a lanço, 10 dias antes da

semeadura, sendo posteriormente incorporada. Já na safra 2004/05, a adubação foi efetuada a lanço, 5 dias antes da semeadura, sendo também posteriormente incorporada. As doses de fertilizantes aplicadas por ocasião da adubação de base foram: safras 2002/03 e 2003/04 = 30kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60kg ha⁻¹ de K₂O e na safra 2004/05 = 40kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 70kg ha⁻¹ de K₂O. A adubação de cobertura foi de 90kg ha⁻¹ de N em todas as safras, fracionada igualmente em duas aplicações; uma no início do perfilhamento e outra na diferenciação do primórdio floral.

Por ocasião da drenagem inicial da água das parcelas, coletaram-se amostras de água drenada, em conformidade com os manejos propostos (M1 e M2). No tratamento com lâmina contínua (M3), a água foi coletada no interior da parcela em duas ocasiões, aos três e aos 30 dias após a semeadura. Na safra 2002/03, o potássio foi quantificado através de Espectrometria de Absorção Atômica por chama e o fósforo através da Cromatografia Iônica e, nas safras 2003/04 e 2004/05, as determinações de nutrientes presentes na água de irrigação foram realizadas seguindo metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995). Além da determinação da concentração de nutrientes presentes na água de irrigação, foi avaliada a produtividade da cultura, a percentagem de plantas acamadas e de componentes de rendimento do arroz.

Para a avaliação de acamamento, foram consideradas as seguintes classes: [0] 0% de acamamento; [1] 1 a 20% de acamamento; [2] 21 a 40% de acamamento; [3] 41 a 60% de acamamento; [4] 61 a 80% de acamamento e [5] 81 a 100% de acamamento. Por ocasião da colheita, foi feita a observação visual na área das parcelas experimentais, relacionando a porcentagem de plantas acamadas com a classe correspondente.

Os dados obtidos no experimento foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os parâmetros avaliados na cultura do arroz irrigado, não se obteve interação significativa entre os manejos de irrigação e as cultivares utilizadas. Os manejos da água de drenagem não afetaram a produtividade e nem o acamamento de plantas nas três safras agrícolas (Tabela 1), concordando com resultados encontrados por LAURETTI et al. (2001), que não observaram diferença entre a manutenção da água durante todo o ciclo da cultura e a realização da drenagem aos três dias após a semeadura.

A média de produtividade para as safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05 foi de 5.100kg ha⁻¹, 9.565kg ha⁻¹ e 7.078kg ha⁻¹, respectivamente. Esta oscilação de rendimento deve-se ao elevado acamamento de plantas na primeira safra, na qual observou-se mais de 61% de acamamento em todas as parcelas experimentais, em decorrência de dois temporais, com chuva de alta intensidade e ventos de até 120km h⁻¹, quando a cultura encontrava-se no estádio de enchimento de grãos. O acamamento eleva a esterilidade de espiguetas e prejudica o enchimento de grãos, afetando o rendimento, constituindo-se em um aspecto limitante deste sistema de cultivo. Já na safra 2003/04, obteve-se a maior produtividade, estando esse fato intimamente associado às condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da cultura, com alta disponibilidade de radiação solar e ausência de fatores capazes de provocar o acamamento de plantas.

Ressalta-se ainda que, durante o estabelecimento inicial da cultura na safra 2004/05, ocorreu um ataque de larvas da bicheira-da-raiz do arroz (*Oryzophagus oryzae*), tardivamente controlado através da aplicação de inseticida, o que pode ter comprometido o desempenho das cultivares utilizadas.

Neste sentido, MARCHEZAN et al. (2004), avaliando genótipos expostos a inundação contínua no sistema pré-germinado, observaram diferença entre os tratamentos para alguns parâmetros da cultura do arroz. Os autores citam que a adoção de lâmina contínua desde a inundação da área permite a obtenção de produtividades elevadas, sendo este fator influenciado pelo genótipo utilizado e pelas condições climáticas do ano agrícola. Assim, os manejos de irrigação adotados proporcionam produtividades semelhantes; no entanto, o manejo da drenagem da área, independentemente de ser realizado aos três ou 30 dias após a semeadura, através dos sucessivos anos de cultivo, provoca a redução da fertilidade do solo e do impacto ambiental negativo nos mananciais hídricos, afetando a sustentabilidade do sistema produtivo, além de aumentar o gasto de água ao longo de todo o ciclo. Além disso, a manutenção de lâmina de água durante todo o ciclo da cultura promove o controle de plantas daninhas de folha estreita, principalmente do arroz-vermelho, evitando a utilização de herbicidas graminicidas, o que se constitui em aspecto econômico importante para a utilização desse manejo de irrigação.

Quando comparadas isoladamente entre si, as cultivares apresentaram diferença de produtividade apenas em 2003/04 e para acamamento em 2002/03. A tabela 2 contém dados de componentes de rendimento, onde observa-se que não houve efeito dos manejos de irrigação, estando em consonância com os resultados

Tabela 1 - Produtividade e acamamento de plantas nas três safras, em função dos manejos propostos. Santa Maria, RS, 2006.

Tratamentos ¹	Produtividade (kg ha ⁻¹)			Acamamento ²		
	2002/03	2003/04	2004/05	2002/03	2003/04	2004/05
M1	5447 ^{ns}	9364 ^{ns}	7058 ^{ns}	4 ^{ns}	0	0
M2	4617	9628	7000	4	0	0
M3	5267	9704	7175	4	0	0
Média	5110	9565	7078	4	0	0
CV (%)	16,60	6,80	3,69	5,4	---	---
Cultivares						
BR-IRGA 410	5305 ^{ns}	---	7109 ^{ns}	1b	---	0
IRGA 419	5208	9522b	---	5a	0	---
IRGA 420	---	---	6971	---	---	0
BRS-Taim	4818	10154a	7154	5a	0	0
SABBORÉ	---	9018c	---	---	0	---
Média	5110	9565	7078	4	0	0
CV (%)	16,00	4,90	10,06	10,80	---	---

^{ns}Teste F não-significativo em nível de 5% de probabilidade de erro.

Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

¹M1: retirada da água aos três dias após a semeadura; M2: retirada da água aos trinta dias após a semeadura e M3: sem retirada da água, com manutenção de lâmina contínua.

²Escala utilizada para avaliação: onde [0] 0% de acamamento; [1] 1 a 20% de acamamento; [2] 21 a 40 % de acamamento; [3] 41 a 60 % de acamamento; [4] 61 a 80 % de acamamento e [5] 81 a 100 % de acamamento.

Tabela 2 - Grãos por panícula (GPP), esterilidade de espiguetas e massa de mil grãos (MMG) nas três safras, em função dos manejos propostos. Santa Maria, RS, 2006.

Tratamentos ¹	GPP			Esterilidade (%)			MMG (g)		
	02/03	03/04	04/05	02/03	03/04	04/05	02/03	03/04	04/05
M1	99 ^{ns}	74 ^{ns}	98 ^{ns}	22 ^{ns}	14 ^{ns}	11 ^{ns}	25 ^{ns}	27 ^{ns}	27 ^{ns}
M2	91	84	99	20	14	11	26	27	27
M3	88	78	99	22	14	10	26	27	27
Média	93	79	99	21	14	11	25	27	27
CV (%)	10,30	15,70	4,79	15,70	19,00	11,02	3,65	6,93	2,18
Cultivares									
BR-IRGA 410	105a	---	101a	24 ^{ns}	---	10 ^{ns}	26 ^{ns}	---	27 ^{ns}
IRGA 419	79b	80 a	---	20	14 ab	---	26	27	---
IRGA 420	---	---	95b	---	---	11	---	---	27
BRS-Taim	95ab	88a	100ab	20	17 a	11	25	26	27
SABBORÉ	---	68b	---	---	11 b	---	---	27	---
Média	93	79	99	21	14	11	25	27	27
CV (%)	16,40	11,70	5,61	14,80	13,90	7,07	5,91	7,13	2,18

^{ns}Teste F não-significativo em nível de 5% de probabilidade de erro.

Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

¹M1: retirada da água aos três dias após a semeadura; M2: retirada da água aos trinta dias após a semeadura e M3: sem retirada da água, com manutenção de lâmina contínua.

de produtividade. Com relação às cultivares utilizadas na safra 2002/03, observou-se diferença entre “BR-IRGA 410” e “IRGA 419” para grãos por panícula. Na safra 2003/04, constatou-se diferença significativa entre as cultivares utilizadas para grãos por panícula, onde “BRS-Taim” e “IRGA 419” superaram a cultivar “Sabbore”, e para esterilidade de espiguetas, onde a cultivar “BRS-Taim” diferiu da cultivar “Sabbore”, que apresentou a menor porcentagem de espiguetas estéreis. Na safra 2004/05, a cultivar “BR-IRGA 410” apresentou maior número de grãos por panícula, quando comparada com a cultivar “IRGA 420”, sendo a cultivar “BRS-Taim” semelhante a “BR-IRGA 410” e “IRGA 420”. Mesmo observando diferença entre as cultivares para alguns parâmetros avaliados, os manejos testados não diferiram, evidenciando a possibilidade de utilização e de escolha de genótipos mais bem adaptados à cada região de cultivo, bem como a capacidade de compensação da produtividade pela flexibilidade de resposta das cultivares aos diversos parâmetros constituintes da produtividade.

Para o estande inicial de plantas, não foi observada diferença estatística entre manejos e cultivares em nenhum ano de realização do estudo (dados não mostrados), ficando a média em 320, 304 e 413 plantas m^{-2} , para as safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05, respectivamente, concordando com resultados de MARCOLIN & MACEDO (2001). Esses autores, avaliando o efeito da lâmina de água na população inicial e final de plantas e no rendimento de grãos no sistema pré-germinado, concluíram que a drenagem inicial pode ser feita até cinco dias após a semeadura sem redução da produtividade, bem como que não há necessidade de realizá-la caso o solo tenha sido preparado sem a presença de lâmina de água, como foi efetuada nos três anos do experimento.

Tabela 3 - Concentração de fósforo (P) e de potássio (K) na água de irrigação coletada nas três safras, em função dos manejos propostos. Santa Maria, RS, 2006.

Tratamentos ¹	P (mg L ⁻¹) ²			K (mg L ⁻¹) ²		
	2002/03	2003/04	2004/05	2002/03	2003/04	2004/05
M1	0,007 ^{ns}	0,021 ^{ns}	0,516a	2,45 a	5,1 a	15,6 a
M2	<0,001	0,018	0,180b	1,23 b	1,5 b	5,4 b
M3 (3dias)	<0,001	0,020	0,522a	2,94 a	5,8 a	16,0 a
M3 (30 dias)	0,007	0,025	0,261b	1,40 b	1,3 b	5,2 b
Média	0,004	0,021	0,377	2,00	3,4	10,55
CV (%)	0,75	0,7	20,97	5,1	12,5	8,91

^{ns}Teste F não-significativo em nível de 5% de probabilidade de erro.

Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

¹M1: amostras coletadas aos três dias após a semeadura, no momento da drenagem; M2: amostras coletadas aos 30 dias após a semeadura, no momento da drenagem; M3 (3 dias): amostras coletadas aos três dias após a semeadura, no interior das parcelas e M3 (30 dias): amostras coletadas aos 30 dias após a semeadura, no interior das parcelas.

²Para análise, dados transformados para: $\sqrt{x+0,5}$.

Com relação à concentração de nutrientes na água de irrigação, observou-se que, nas safras 2002/03 e 2003/04, as perdas de fósforo não apresentaram diferença significativa, independentemente do momento de coleta das amostras (Tabela 3). No entanto, foi observado comportamento distinto na safra 2004/05, em que as concentrações de fósforo foram influenciadas pelos manejos propostos, constatando-se concentrações maiores nas amostras coletadas aos três dias após a semeadura. Observa-se ainda que as concentrações de fósforo, nutriente de grande impacto ambiental, estão abaixo do valor máximo estabelecido pela Secretaria da Saúde e do Meio Ambiente (RIO GRANDE DO SUL, 1989), que limita em 1,0mg L⁻¹ a concentração de fósforo para efluentes líquidos que possivelmente possam ser lançados em corpos d'água, embora, na última safra, as concentrações tenham sido bastante superiores. Este fato pode estar associado ao maior volume de fertilizante aplicado e ainda ao menor tempo entre a adubação e a drenagem subsequente. Por outro lado, tem-se que as concentrações de fósforo obtidas na safra 2004/05 situam-se acima do limite estabelecido pela Resolução nº 357 do CONAMA (2005) para águas de classe 1, onde os teores não deveriam exceder 0,025mg L⁻¹. Instituições de estudos ambientais como a EPA (2004) consideram limites variáveis para cada região dos Estados Unidos, orientando no sentido de que os limites para P_{total} não devam ser superiores a 0,128mg L⁻¹.

Para potássio, nos três anos de condução do experimento, constataram-se maiores concentrações nas amostras coletadas aos três dias após a semeadura, tanto nas parcelas onde efetuou-se a drenagem (M1), como naquelas onde a lâmina de água foi mantida (M3). Nas coletas efetuadas aos 30 dias após a semeadura,

nas parcelas com drenagem (M2) e com lâmina contínua (M3), observaram-se concentrações menores deste nutriente, indicando que houve decantação e/ou absorção pelas plantas de arroz, em decorrência do maior período de tempo transcorrido. MARCHEZAN et al. (2001), analisando a perda de nutrientes em diferentes manejos de adubação para o sistema pré-germinado, encontraram perdas médias de 5,7mg L⁻¹, valor acima dos observados nas safras 2002/03 e 2003/04, respectivamente, de 2,0 e 3,4mg L⁻¹, mas abaixo da concentração média obtida em 2004/05, que foi de 10,55mg L⁻¹, mostrando que as perdas de potássio são influenciadas por fatores de manejo como quantidade de fertilizante aplicado, incorporação ou não do adubo e ainda tempo entre a realização da adubação e a drenagem subsequente.

CONCLUSÃO

A manutenção de lâmina de água durante todo o ciclo da cultura não afeta a produtividade do arroz irrigado no sistema pré-germinado, reduzindo o consumo de água e a perda de nutrientes.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), pelo apoio financeiro concedido para a execução do trabalho de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. Brasília, 2005. (Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005).
- EPA, Environmental Protection Agency. **CleanWater Act. Water Science. Water Quality Criteria.** Nutrients. Acessado em: 03 de dezembro de 2004. On line. Disponível em:<http://www.epa.gov/waterscience/criteria>.
- HASSAN, A.A.; SARKAR, A.A. Yield and water use efficiency of newly developed rice mutants under different water management practices. **International Rice Research Notes**, Manila, v.18, n.2, p.34, 1993.
- ISHIY, T. et al. Comportamento de linhagens e cultivares de arroz submetidas a condições de inundação permanente. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p.117-119.
- KONO, M. Phsisiological aspects of lodging. In: MATSUO, T. et al. **Science of the rice plant.** Tokyo, Japan: Nobunkyo, 1995. V.2, cap.4, p.971-982.
- LAURETTI, R.L.B. et al. Efeitos de diferentes manejos de água no estabelecimento de plantas de arroz no sistema pré-germinado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.9, p.1093-1099, 2001.
- MACHADO, S.L.O. et al. Consumo de água e perdas de nutrientes e sedimentos na água de drenagem inicial do arroz irrigado. **Ciência Rural**, v.36, n.1, p.65-71, 2006.
- MARCHEZAN, E. et al. Desempenho de genótipos de arroz irrigado cultivados no sistema pré-germinado com inundação contínua. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p.1349-1354, 2004.
- MARCHEZAN, E. et al. Manejo da adubação do arroz irrigado em sistema pré-germinado na produtividade e na perda de nutrientes através de drenagem inicial. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.5, p.877-879, 2001.
- MARCOLIN, E.; MACEDO, V.R.M. Manejo da drenagem inicial e sua relação com a população de plantas e rendimento de grãos de arroz no sistema pré-germinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: Instituto Rio Grandense do Arroz, 2001. p.227-228.
- RIO GRANDE DO SUL. Portaria número 05/89 de 16 de março de 1989 - SSMA. Aprova a Norma Técnica, que dispõem sobre critérios e efluentes líquidos... **Diário Oficial**, Porto Alegre, 29 de março de 1989.
- SHARPLEY, A. et al. Practical and innovative measures for the control of agricultural phosphorus losses to water: an overview. **Journal of Environmental Quality**, v.29, n.1, p.1-9, 2000.
- SILVA, L.S. da et al. Alterações nos teores de nutrientes em dois solos alagados, com e sem plantas de arroz. **Ciência Rural**, v.33, n.3, p.487-490, 2003.
- TEDESCO, M.J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos, 1995. 174p. (Boletim Técnico de solos, 5).
- WEBER, L. et al. Cultivares de arroz irrigado e nutrientes na água de drenagem em diferentes sistemas de cultivo. **Ciência Rural**, v.33, n.1, p.27-33, 2003.

Manutenção da área foliar e produtividade de arroz irrigado com a aplicação de fertilizantes foliares no estádio de emborrachamento

Foliar area maintenance and yield with application of foliar fertilizers on booting stage of irrigated rice

**Edinalvo Rabaioli Camargo^I Enio Marchesan^{II*} Luis Antonio de Avila^{II} Leandro Souza da Silva^{III}
Tiago Luis Rossato^{IV} Paulo Fabrício Massoni^{IV}**

- NOTA -

RESUMO

A utilização de fertilizantes foliares, aplicados ao final do ciclo da cultura do arroz irrigado, pode proporcionar complementação nutricional para a planta e proteção contra patógenos com reflexos na produtividade. O objetivo do estudo foi avaliar a utilização de fertilizantes foliares, aplicados no estádio de emborrachamento, sobre a produtividade do arroz irrigado. O experimento foi conduzido no ano agrícola 2005/2006, em área experimental de várzea do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por 10 fertilizantes foliares, dois produtos aplicados via sementes, um fungicida e a testemunha. Os fertilizantes não influenciaram qualquer parâmetro avaliado. As condições climáticas e o manejo da adubação anterior à aplicação dos tratamentos foliares propiciaram condições favoráveis para o arroz expressar o seu potencial produtivo, em torno de 10.000kg ha⁻¹. Neste nível de produtividade, os produtos utilizados não aumentaram a produtividade do arroz irrigado.

Palavras-chave: fosfato de potássio, micronutrientes, nitrogênio, *Oryza sativa L.*, senescência foliar.

ABSTRACT

The use of foliar fertilizers applied to the reproductive phase of rice can improve the plant nutrition and protect the field against foliar diseases with gains in yield. The objective of this experiment was to evaluate the use of the foliar fertilizers applied to the booting stage in order to verify the irrigated rice yield. The experiment was carried out in 2005/06

in a lowland area in Santa Maria-RS, Brazil. The treatments, arranged in a randomized block design with four replications, were constituted by 10 foliar fertilizers available in the market, two products applied to seeds, a fungicide, and a check treatment. The treatments presented no effects on any of the variables studied. The suitable climatic conditions and the fertilizer management carried out before the application of the foliar treatments led to the achievement of about 10,000 kg ha⁻¹ yield, showing that there was no limitation on the level of yield obtained. The products utilized in this study did not increase the irrigated rice yield.

Key words: potassium phosphate, micronutrients, nitrogen, *Oryza sativa L.*, foliar senescence.

Na produção de arroz irrigado do Rio Grande do Sul, o aperfeiçoamento técnico e tecnológico, que vem sendo proposto pelos órgãos de pesquisa e adotado pelos produtores, tem propiciado incremento na produtividade. Para manutenção dessa condição ou mesmo superação dos patamares atuais, o manejo correto da nutrição de plantas torna-se indispensável. Nesse sentido, a utilização de fertilizantes foliares, aplicados próximos ao final do ciclo da cultura, poderá proporcionar uma complementação nutricional, no momento em que a translocação de fotoassimilados para os grãos é determinante para a produtividade (NTANOS & KOUTROUBAS, 2002), atrasando a progressão da senescência foliar. O objetivo do presente estudo foi caracterizar a utilização de

^IPrograma de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil.

^{II}Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), UFSM, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. Email: emarch@ccr.ufsm.br. *Autor para correspondência.

^{III}Departamento de Solos, CCR, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

^{IV}Curso de Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

fertilizantes foliares aplicados no estádio de emborrachamento na produtividade do arroz irrigado.

O experimento foi conduzido durante o ano agrícola de 2005/06, no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, em um solo classificado como Planossolo Hidromórfico eutrófico arênico, com as seguintes características físico-químicas: argila = 34%; pH_{água} (1:1) = 5,7; P = 9,3 mg dm⁻³; K = 52 mg dm⁻³; Ca = 7,5 cmol_c dm⁻³; Mg = 3 cmol_c dm⁻³ e M.O. = 2,5%. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos pela seleção de fertilizantes foliares disponíveis no mercado (T1 a T10), além de dois produtos aplicados via sementes (T11), um fungicida (T12) e uma testemunha (T13), que se encontram listados na tabela 1.

O preparo do solo para implantação da cultura foi realizado com gradagens e posterior aplainamento superficial do terreno, sendo a semeadura realizada em 03 de novembro de 2005, utilizando-se 110 kg ha⁻¹ de sementes da cultivar "IRGA 417", tratada com inseticida. A adubação fosfatada e potássica foi realizada com a distribuição na linha de semeadura de 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 90 kg ha⁻¹ de K₂O. A emergência das plântulas ocorreu 12 dias após a semeadura, obtendo-se população média 200 plantas m⁻² e o controle das plantas daninhas foi realizado aos 15 dias após a emergência (DAE). A primeira aplicação do fertilizante nitrogenado foi feita no estádio V4 do arroz (15 DAE), segundo escala de COUNCE et al. (2000), utilizando-se

90 kg ha⁻¹ de nitrogênio em solo não-inundado, seguida de irrigação definitiva da área. A segunda aplicação nitrogenada de cobertura foi realizada no estádio de iniciação da panícula (RO), aplicando-se 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

Os tratamentos foram aplicados durante o estádio de emborrachamento (R2), com exceção dos produtos Sol Seed + Zinco Sol 7 (T11), que foram aplicados como tratamento de semente. Os fertilizantes foliares foram aplicados no início do estádio R2 (74 DAE), já a aplicação do fungicida foi conduzida no final do estádio R2 (78 DAE), realizando a pulverização da mistura formulada de propiconazol + trifloxistrobina (93,75 + 93,75 g ha⁻¹). As aplicações foliares foram realizadas com pulverizador costal de precisão pressurizado a CO₂, utilizando-se 200 L ha⁻¹ de calda. Os demais tratos culturais foram conduzidos conforme a recomendação técnica para a cultura.

O índice SPAD foi determinado por meio de um clorofilômetro, modelo SPAD 502 DL Meter (Minolta). A leitura média de cada tratamento foi resultante da observação de dez folhas bandeiras, realizando-se aferições nas extremidades e no centro de cada folha. Determinou-se ainda a senescência foliar por meio da observação visual das plantas na área da parcela. Para tanto, utilizou-se uma escala de 0 a 100, que corresponde à porcentagem de folhas totalmente verdes e totalmente senescentes (cloróticas), respectivamente (CARLESSO et al., 1998).

Tabela 1 - Tratamentos aplicados na cultura do arroz irrigado, cultivar IRGA 417, com a respectiva dose e a quantidade aportada dos principais nutrientes presentes em cada produto. Santa Maria, RS. 2007.

Trat.	Produto	Dose (L ha ⁻¹)	Quantidade aplicada (g ha ⁻¹) ⁽³⁾
T1	Fertamin Extra [®]	10,0	N(1240), S(370), P(120), K(120)(4)
T2	Concorde [®]	2,0	N(230), P(50), K(26)(4)
T3	Profol N 30 [®]	5,0	N(1960)
T4	Phosphorus-k [®] 00.28.26	3,0	P(1209), K(1123)
T5	Quimifol Arrank [®]	1,5	Zn(95), S(76), Mn(57)(4)
T6	Quimifol Florada [®] + Quimióleo [®]	2,5 + 0,8	Ca(304), B(34)
T7	Blooster [®]	1,0	Cu(31), Mo (21)(4)
T8	Supa-potássio [®]	1,0	K(221), S(78)
T9	Stimulate [®] + Natur'l óleo [®] (1)	0,25 + 1,0	citocinina (0,022), ac. giberélico (0,012), auxina (0,012)
T10	Crop Full XXI [®] + Pyto Sol PK [®]	1,5 + 1,5	N (105), P(168), K(168), Ca(21), Zn(21)(4) + P(630), K(420)
T11	Sol Seed [®] + Zinco Sol 7 [®]	0,18 + 0,15	K(24), Mo (10), Zn(2,4)(4) + Zn(13)
T12	Stratego [®] (2)	0,75	(5)
T13	Testemunha	(5)	(5)

(1) Stimulate é um produto unicamente hormonal, possuindo em sua composição citocinina (0,09 g L⁻¹), ácido giberélico (0,05 g L⁻¹) e auxina (0,05 g L⁻¹).

(2) Fungicida (mistura comercial de propiconazol + trifloxistrobina).

(3) Quantidade calculada considerando a composição e a densidade de cada produto.

(4) Produto possui ainda outros nutrientes na composição, porém estes se encontram em quantidade inferior a 1%, na unidade de peso por peso (p/p).

(5) Sem aplicação de nutriente via foliar e/ou via tratamento de semente.

A avaliação da severidade de doenças foliares também foi realizada por meio de observações visuais, estimando-se a percentagem da área foliar atacada. A produtividade de grãos foi estimada em 6,0m² (5,0m x 1,2m), quando os grãos apresentavam umidade média de 22%. Após a trilha, limpeza e pesagem dos grãos com casca, os dados foram corrigidos para 13% de umidade e convertidos para kg ha⁻¹. Os componentes da produtividade foram determinados pela contagem das panículas em um metro previamente demarcado e pela coleta de 10 panículas por ocasião da colheita. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (P=0,05). Os dados de senescência foliar, severidade de doenças, esterilidade de espiguetas e rendimento industrial de grãos foram transformados para $yt = \sqrt{y} + 0,5$.

Nas avaliações realizadas anteriormente à colheita, não foi verificado efeito dos tratamentos aplicados (Tabela 2). A porcentagem de folhas senescentes aumentou no período de enchimento de grãos, sendo que os valores médios situavam-se em 5% no estádio R6 (elongação de pelo menos uma cariopse até a extremidade da casca) e atingiram 27% em R8 (formação de grãos com casca marrom). Este é um comportamento natural durante o período de enchimento de grãos, decorrente da impossibilidade

de formação de folhas novas e da necessidade de remobilização de nitrogênio, que aceleram a senescência foliar e resultam no decréscimo da atividade fotossintética (OOKAWA et al., 2003). A severidade de mancha parda (*Drechslera oryzae*), única doença foliar verificada na área, foi consideravelmente baixa nas duas avaliações realizadas. Nesta condição, até mesmo o tratamento fúngico (T12) não propiciou efeito diferenciado para o controle das doenças foliares. Assim, a observação de possível efeito protetor dos tratamentos compostos por fosfitos de potássio, tais como o Phosphorus-k (T4) e Pyto Sol PK (T10) foi impossibilitada.

Não houve diferença entre os tratamentos para o índice de SPAD nas avaliações realizadas durante o período de enchimento de grãos, mesmo para produtos contendo nitrogênio, havendo um decréscimo de 35 para 24 entre a avaliação em R5 (85 DAE) e R8 (115 DAE). A redução do índice SPAD relaciona-se com o aumento da senescência foliar, ocasionando o declínio da capacidade fotossintética, que é decorrente de alterações funcionais da unidade fotossintética (HIDEMA, 1991).

A produtividade de grãos e os seus componentes não foram afetados pelos tratamentos (Tabela 3). As condições climáticas e o manejo

Tabela 2 - Senescência e severidade de doenças foliares aos 90 (R6) e 105 (R8) dias após a emergência (DAE) e índice SPAD na folha bandeira aos 85 (R5), 100 (R7) e 115 (R8) DAE, em resposta à aplicação dos tratamentos na cultura do arroz irrigado, cultivar IRGA 417. Santa Maria, RS. 2007.

Tratamento(1)	----Senescência (%)----		---Severidade (%)---		-----Índice SPAD-----		
	R6(2)	R8(2)	R6	R8	R5(2)	R7(2)	R8
T1	5ns	25ns	0ns	0,6ns	37ns	32ns	25ns
T2	5	30	0	0,5	36	33	24
T3	5	21	0	0,6	37	34	27
T4	6	28	0	0,9	36	32	24
T5	5	21	0	0,5	36	33	28
T6	5	26	0	0,4	37	34	24
T7	5	30	0	0,5	36	30	20
T8	5	28	0	0,5	37	31	23
T9	4	30	0	0,8	37	31	22
T10	5	26	0,1	0,6	37	32	20
T11	5	28	0	0,6	37	33	26
T12	6	34	0	0,8	35	31	20
T13	6	24	0	0,6	36	32	23
Média	5	27	0	0,6	36	32	24
CV (%)	12	13	6	14	4	7	19

(1) [T1] Fertamin Extra[®]; [T2] Concorde[®]; [T3] Profol N 30[®]; [T4] Phosphorus-k[®] 00.28.26; [T5] Quimifol Arrank[®]; [T6] Quimifol Florada[®] + Químíleo[®]; [T7] Blooster[®]; [T8] Supa-potássio[®]; [T9] Stimulate[®] + Natur'óleo[®]; [T10] Crop Full XXI[®] + Pyto Sol PK[®]; [T11] Sol Seed[®] + Zinco Sol[®] 7; [T12] Stratego[®]; [T13] Testemunha. Doses e quantidades aplicadas dos principais nutrientes presentes em cada produto na tabela 1.

(2) Estágio de desenvolvimento segundo escala proposta por COUNCE et al. (2000).
ns Teste F não-significativo (P=0,05).

Tabela 3 - Produtividade, panículas por metro quadrado (PMQ), número de grãos por panícula (GP), massa de mil grãos (MMG), esterilidade de espiguetas (EE) e rendimento de engenho (RE), em resposta à aplicação dos tratamentos na cultura do arroz irrigado, cultivar "IRGA 417". Santa Maria, RS. 2007.

Tratamento(1)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	PMQ	GP	MMG (g)	EE (%)	RE (%)
T1	9.634ns	521ns	91ns	24,8ns	4,9ns	62ns
T2	10.442	504	97	24,6	3,8	63
T3	10.073	462	83	25,6	3,9	64
T4	10.019	537	89	25,1	5,2	62
T5	9.797	462	90	24,4	4,0	62
T6	10.025	529	99	23,9	4,1	63
T7	9.577	459	96	24,3	4,9	63
T8	10.313	546	101	23,8	5,3	62
T9	9.791	466	98	24,9	3,8	64
T10	9.738	496	82	25,7	4,0	63
T11	9.928	549	88	23,9	5,7	62
T12	10.597	491	98	24,8	3,8	64
T13	10.387	497	98	24,4	4,9	63
Média	10.025	501	93	24,6	4,5	63
CV (%)	5	12	13	4	8	2

(1) [T1] Fertamin Extra®; [T2] Concorde®; [T3] Profol N 30®; [T4] Phosphorus-k® 00.28.26; [T5] Quimifol Arrank®; [T6] Quimifol Florada® + Quimióleo®; [T7] Blooster®; [T8] Supa-potássio®; [T9] Stimulate® + Natur'óleo®; [T10] Crop Full XXI® + Pyto Sol PK®; [T11] Sol Seed® + Zinco Sol® 7; [T12] Stratego®; [T13] Testemunha. Doses e quantidades aplicadas dos principais nutrientes presentes em cada produto na Tabela 1.

ns Teste F não-significativo (P=0,05).

nutricional conduzido anteriormente à aplicação dos tratamentos foram suficientes para obtenção de produtividade superior a 10.000kg ha⁻¹, indicando que não houve limitação para os níveis produtivos obtidos. Com relação aos tratamentos contendo micronutrientes (T5, T6, T7 e T11), resultados semelhantes foram obtidos em estudo conduzido durante três anos por MARCHESAN et al., (2001) em que não se verificou efeito na produtividade. Nos níveis de produtividade obtidos, a utilização de fertilizantes foliares na fase reprodutiva não promoveu acréscimo na produtividade e na qualidade física dos grãos de arroz irrigado.

REFERÊNCIAS

CARLESSO, R. et al. Índice de área foliar e altura de plantas de arroz submetidas a diferentes práticas de manejo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.2-3, p.268-272, 1998.

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

HIDEMA, J. et al. Photosynthetic characteristics of rice leaves under different irradiances from full expansion through senescence. *Plant Physiology*, v.97, p.1287-1293, 1991.

MARCHESAN, E. et al. Adubação foliar com micronutrientes em arroz irrigado, em área sistematizada. *Ciência Rural*, v.31, n.6, p.941-945, 2001.

NTANOS, D.A.; KOUTROUBAS, S.D. Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. *Field Crops Research*, v.74, p.93-101, 2002.

OOKAWA, T. et al. A comparaison of the accumulation and partitioning of nitrogen in plants between two rice cultivars, Akenohoshi and Nipponbare, at the ripening stage. *Plant Production Science*, v.6, n.3, p.172-178, 2003.

INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO E FUNGICIDA NO ESTÁDIO DE EMBORRACHAMENTO SOBRE O DESEMPENHO AGRONÔMICO DO ARROZ IRRIGADO ⁽¹⁾

EDINALVO RABAIOLI CAMARGO ^(2,3); ENIO MARCHESAN ^(2*,3); TIAGO LUIS ROSSATO ^(2,4);
GUSTAVO MACK TELÓ ^(2,4); DIEGO ROST AROSEMENA ^(2,5)

RESUMO

Limitações ao crescimento e desenvolvimento da planta de arroz provocados por deficiência nutricional, especialmente de nitrogênio e por doenças, afetam a capacidade fotossintética e a produtividade de grãos. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de nitrogênio e de fungicida no estádio de emborrachamento do arroz irrigado por inundação sobre a duração da área foliar fotossintetizante e a produtividade de grãos. O experimento foi desenvolvido no ano agrícola de 2005/2006, em área experimental de várzea do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos, arranjados em esquema fatorial, constituíram-se de doses de nitrogênio (50, 100 e 150 kg ha⁻¹), perfazendo o fator A, e práticas de manejo realizadas durante o estádio de emborrachamento (aplicação suplementar de 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio, pulverização com fungicida, combinação das duas práticas anteriores e um tratamento testemunha), que compuseram o fator D. As doses de nitrogênio utilizadas promoveram diferenças nas características avaliadas até o emborrachamento (número de colmos m⁻², índice de área foliar e leitura SPAD); no entanto, não foi verificada interação entre os fatores estudados para as avaliações procedidas durante o período de enchimento de grãos. As práticas de manejo realizadas no emborrachamento não alteraram a área e a senescência foliar, a produtividade e os seus componentes. A baixa severidade de doenças foliares e o eficiente aproveitamento do nitrogênio, relacionados às condições ambientais favoráveis durante o ciclo da cultura, podem explicar, em parte, a falta de resposta às práticas de manejo utilizadas.

Palavras-chave: enchimento de grãos, Índice de área f-oliar, *Oryza sativa* L., senescência.

⁽¹⁾ Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria. Recebido para publicação em 1.º de novembro de 2006 e aceito em 20 de agosto de 2007.

⁽²⁾ Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Fitotecnia, Prédio 44, Sala 5335, 97105-970 Santa Maria (RS). E-mail: edinalvo_camargo@yahoo.com.br; emarch@ccr.ufsm.br (* Autor correspondente.

⁽³⁾ Bolsistas do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

⁽⁴⁾ Bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS).

⁽⁵⁾ Bolsista da Fundação de Apoio à Tecnologia e Ciência (FATEC).

ABSTRACT

EFFECT OF NITROGEN AND FUNGICIDE APPLICATION AT BOOTING STAGE ON IRRIGATED RICE CROP PERFORMANCE

Factors limiting rice plant growing and development caused by nutritional deficiency, especially by lack of nitrogen and diseases, affect the photosynthetic capacity and rice yield. The objective of this experiment was to evaluate the effect of the nitrogen and fungicide application on booting stage in order to verify photosynthetic area and rice yield. This work was conducted in 2005/2006 in lowland area in Santa Maria, RS, Brazil. The treatments were nitrogen rates (50, 100, and 150 kg ha⁻¹), composing the factor A, and management practices during the booting stage (supplementary application of 30 kg ha⁻¹ nitrogen, fungicide application, and the combination of the previous treatments, besides check treatment), composing the factor D. The treatments were arranged in a randomized experimental block design, in a factorial scheme with four replications. The nitrogen rates promoted differentiated effects in the evaluated characteristics until booting stage (number of stem m⁻², leaf area index and SPAD reading). However, there was not verified interaction among the treatments during rice grains filling. The management practices carried out on booting stage did not affect foliar area and senescence, yield and components of rice yield. The low occurrence of diseases, the efficiency of nitrogen utilization and the suitable climatic conditions for rice yield can explain the lack response to the management practices.

Key words: grain filling, Leaf area index, *Oryza sativa* L., senescence.

1. INTRODUÇÃO

Após o florescimento em plantas com hábito de crescimento determinado, ocorre naturalmente a redução da área e da atividade foliar. Este comportamento está associado à translocação de fotoassimilados (NTANOS e KOUTROUBAS, 2002) e a redução da taxa fotossintética (OOKAWA et al., 2003), que acarretam a senescência foliar. Na cultura do arroz irrigado por inundaçāo, o declínio da capacidade fotossintética pode ocorrer precocemente durante o enchimento de grāos, período em que a fotossíntese é responsável por 60% a 100% do conteúdo final de carbono armazenado nos grāos (YOSHIDA, 1981). O início da senescência foliar pode ser influenciado por determinadas práticas de manejo, sendo especialmente visualizada em situações de déficits nutricionais e com a ocorrência de doenças foliares.

A mobilidade do nitrogênio nas plantas e sua relação com o processo fotossintético fazem com que desempenhe um papel importante no acúmulo de massa seca nos grāos. Desta forma, a remobilização do nitrogênio foliar deve ocorrer concomitantemente com a ativa produção de fotoassimilados, devendo o conteúdo de nitrogênio ser suficiente para a manutenção da taxa fotossintética e, ainda, para que a redistribuição possibilite o adequado acúmulo de reservas nos grāos (SHIRATSUCHI et al., 2006). O manejo da adubação nitrogenada pode alterar a senescência foliar, dependendo da quantidade de fertilizante aportado e das condições ambientais para seu aproveitamento, podendo refletir na produtividade da cultura.

Assim, a utilização de nitrogênio após o desenvolvimento das estruturas reprodutivas, a fim

de satisfazer um eventual déficit da planta ao final do ciclo, vem sendo estudada na cultura do arroz irrigado. Alguns trabalhos, avaliando o efeito da aplicação adicional de nitrogênio no estádio de emborrachamento, resultaram em incremento na produtividade (DINGKUHN et al., 1992; WOPEREIS-PURA et al., 2002), decorrente dos benefícios providos pelo aumento da concentração de nitrogênio foliar na assimilação de CO₂ (DINGKUHN et al., 1992).

Além do aspecto nutricional, a sanidade de plantas torna-se importante quando se busca a manutenção da atividade foliar ao longo da fase reprodutiva, ocasião em que a maioria dos patógenos instalam-se na planta. As doenças fúngicas da parte aérea diminuem a área foliar e, consequentemente, a capacidade de produção de fotoassimilados (BETHENOD et al., 2005) interferindo no enchimento de grāos. No Rio Grande do Sul, observa-se a freqüente ocorrência de doenças fúngicas, com destaque para as manchas foliares, na maioria das cultivares utilizadas atualmente. Assim, a aplicação de fungicidas tem propiciado incremento da produtividade da cultura em diferentes situações de cultivo (CELMER e BALARDIN, 2003; FAGERIA e PRABHU, 2004; MARZARI et al., 2007).

A possibilidade de ampliar a duração da área foliar fotossintetizante, mantendo a taxa fotossintética, pela execução de determinadas práticas de manejo, pode refletir na produtividade, viabilizando a obtenção do potencial produtivo da espécie e das cultivares. Em visto do exposto, foi instalado um experimento com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de nitrogênio e de fungicida no estádio de emborrachamento, na duração da área foliar fotossintetizante e na produtividade de grāos do arroz irrigado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido durante o ano agrícola de 2005/2006, no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (latitude: 29°43'S, longitude: 53°48'W e altitude: 95m), em um Planossolo Hidromórfico eutrófico arênico, com as seguintes características físico-químicas: argila= 34 g kg⁻¹; pH_{água}(1:1)= 5,7; P= 9,3 mg dm⁻³; K= 52 mg dm⁻³; Ca= 7,5 cmol_c dm⁻³; Mg= 3 cmol_c dm⁻³ e M.O.= 25 g dm⁻³. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições e as parcelas possuíam 10 m² (5,0 x 2,0 m).

O preparo do solo para implantação da cultura foi realizado com gradagens e posterior aplainamento superficial do terreno, com o auxílio de aplanadora de solo. A semeadura realizada em 3 de novembro de 2005, utilizando-se 110 kg ha⁻¹ de sementes da cultivar IRGA 417, tratada com inseticida tiame toxam. A adubação fosfatada e potássica foi procedida pela distribuição na linha de semeadura de 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 90 kg ha⁻¹ de K₂O, correspondente à aplicação de 300 kg ha⁻¹ da formulação 0-15-30. A emergência das plântulas ocorreu 12 dias após a semeadura e o controle químico das plantas daninhas, a primeira aplicação do fertilizante nitrogenado (uréia) e a inundação definitiva da área foram realizadas aos 15 dias após a emergência (DAE). Os demais tratos culturais foram realizados conforme a recomendação técnica para a cultura.

Os 12 tratamentos estudados foram formados pela combinação de três doses de nitrogênio (fator A) e quatro práticas de manejo durante o estádio de emborrachamento (fator D). As doses de nitrogênio (50, 100 e 150 kg ha⁻¹) foram aplicadas em duas vezes. No início do perfilhamento, quando as plantas de arroz estavam no estádio V4, segundo a escala de desenvolvimento de COUNCE et al. (2000), aplicaram-se 20, 70 e 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio em solo não-inundado e no estádio de iniciação da panícula (R0), executou-se a aplicação da quantidade restante para cada dose.

As práticas de manejo realizadas no estádio de emborrachamento (R2) constaram da aplicação suplementar de 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio, da pulverização com fungicida, da combinação de nitrogênio suplementar e fungicida, além de um tratamento testemunha (sem aplicação de nitrogênio e/ou fungicida no estádio R2). A aplicação de nitrogênio foi executada aos 74 dias (DAE), imediatamente após a emissão completa da folha bandeira, que caracteriza o início do estádio de emborrachamento. A aplicação de fungicida foi realizada aos 78 DAE, quando as plantas de arroz estavam no fim do estádio R2, dois dias antes da exserção da panícula (R3). A aplicação preventiva do

fungicida foi realizada através da pulverização de propiconazol + trifloxistrobina, na dose de 93,75 + 93,75 g ha⁻¹, respectivamente, sendo a aplicação realizada com pulverizador costal de precisão pressurizado a CO₂, utilizando-se 200 L ha⁻¹ de calda.

A avaliação da população inicial de plantas foi realizada aos 15 DAE, em um local representativo da unidade experimental, demarcando um metro na linha de semeadura e efetuando a contagem das plantas. No mesmo local, após o desbaste das plantas para homogeneizar a população em torno da média, foi executado o acompanhamento da emissão de colmos. A contagem para a estimativa do número de colmos foi feita semanalmente até os 57 DAE. Para quantificação do índice de área foliar, três plantas distribuídas uniformemente no metro linear demarcado foram marcadas e submetidas à avaliação não-destrutiva. A área foliar foi calculada pelo comprimento e largura de cada folha, multiplicado por 0,75, exceto para a avaliação realizada aos 105 DAE onde se utilizou o coeficiente de 0,67 como fator de correção (YOSHIDA, 1981).

Os estádios de desenvolvimento foram determinados seguindo a escala proposta por COUNCE et al. (2000), objetivando a caracterização dos momentos de execução das principais práticas culturais. Para tal, na área de avaliação foram marcadas três plantas com arame colorido, executando-se duas verificações semanais no colmo principal. A leitura SPAD foi analisada por meio de um clorofilômetro, modelo SPAD 502 DL Meter (Minolta). O índice médio de cada tratamento foi resultante da observação de dez folhas do ápice (última folha completamente expandida), realizando-se aferições nas extremidades e no centro de cada folha. Nas avaliações realizadas após a aplicação dos tratamentos no estádio de emborrachamento, as leituras foram executadas na última (bandeira) e penúltima folha.

Determinou-se também a senescência foliar através da observação visual das plantas na área da parcela. Para tanto, utilizou-se uma escala de 0 a 100, que corresponde à porcentagem de folhas totalmente verdes e totalmente senescentes (cloróticas), respectivamente (CARLESSO et al., 1998). A avaliação da severidade de doenças foliares também foi executada por meio de observações visuais, estimando-se porcentualmente a área foliar atacada. A produtividade de grãos foi estimada através da colheita manual de 6,0 m² (5,0 x 1,2 m), quando havia nos grãos umidade média de 22%. Após a trilha, limpeza e pesagem dos grãos com casca, os dados foram corrigidos para 13% de umidade e convertidos em kg ha⁻¹.

Os componentes da produtividade, número de panícula por metro quadrado, número de grãos por panícula, massa de mil grãos e esterilidade de espiguetas, foram determinados pela contagem das panículas no metro linear demarcado e pela coleta de 10 panículas por ocasião da colheita.

Os parâmetros avaliados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo testes de Tukey ($P=0,05$). Os dados de índice de área foliar, senescência foliar, severidade de doenças e esterilidade de espiguetas foram transformados para $yt = \sqrt{y+0,5}$. Para os resultados expressos graficamente, determinou-se o intervalo de confiança ($P=0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A população de plantas do experimento ficou em torno de 200 plantas m^{-2} , situando-se dentro da faixa preconizada para obtenção de altas produtividades. As doses de nitrogênio utilizadas promoveram diferenças nas características avaliadas anteriormente ao emborrachamento. A produção de colmos aumentou de forma distinta para as doses de nitrogênio, atingindo valores máximos com a formação do colar da décima folha (V10), momento em que foram quantificados 615 colmos m^{-2} no tratamento com 50 kg ha^{-1} nitrogênio e 925 colmos m^{-2} no tratamento com aplicação de 150 kg ha^{-1} (Figura 1A). A partir deste estádio, o número de colmos passou a decair, sendo o declínio mais acentuado nas doses maiores, proporcionando menores diferenças entre os tratamentos no estádio V12 (57 DAE). O efeito das doses de nitrogênio no comportamento do perfilhamento decorre basicamente da aplicação realizada no início do perfilhamento, uma vez que a aplicação em R0 foi realizada aos 50 DAE. MAE (1997) demonstra que o nitrogênio absorvido durante a fase vegetativa promove o rápido crescimento da planta e o aumento do número de perfilhos, determinando o número potencial de panículas, que é importante componente da produtividade.

A evolução do índice de área foliar (IAF) também foi influenciada pelas doses de nitrogênio, sendo as diferenças constatadas a partir de V10, ocasião em que os tratamentos com dose de 100 e 150 kg ha^{-1} de nitrogênio possuíam IAF superior ao da dose de 50 kg ha^{-1} (Figura 1B). Esta tendência persistiu até o estádio de emborrachamento, permitindo a obtenção de valores de IAF de 7,5 nas doses maiores, sendo 30% superior em relação à menor dose.

O número máximo de colmos m^{-2} foi alcançado anteriormente em relação ao máximo IAF. Para os dados aqui apresentados, as plantas deixam de emitir perfilhos com IAF de 2,3 na menor dose, enquanto na

maior dose o IAF crítico atinge 3,6. Comportamento similar foi observado por ZHONG et al. (2002) em estudo relacionando o IAF e a taxa de perfilhamento. Os autores estabeleceram valores críticos de IAF, a partir do qual a emissão de perfilhos deixa de ocorrer, sendo estes afetados pelo nível de nitrogênio aportado.

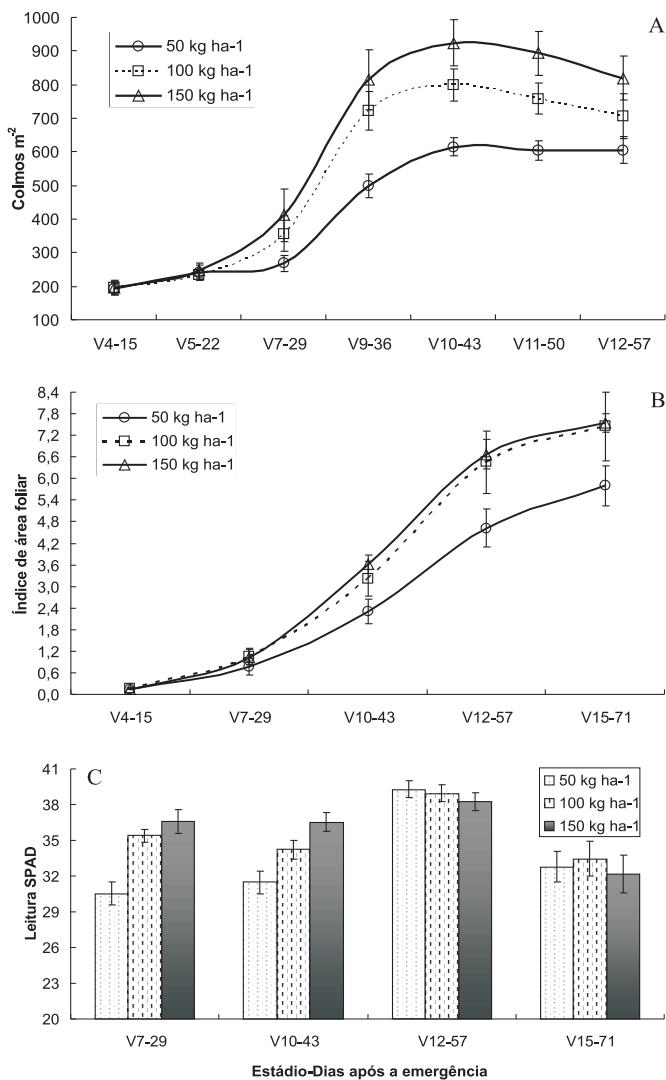


Figura 1. Número de colmos m^{-2} (A), índice de área foliar (B) e leitura SPAD (C) para as três doses de nitrogênio (fator A) nas avaliações procedidas anteriormente à aplicação dos manejos no estádio de emborrachamento da cultura do arroz irrigado.

Para as leituras SPAD, observa-se que os valores aumentaram conforme o acréscimo das doses de nitrogênio nas avaliações realizadas nos estádios V7 e V10. No entanto, as diferenças deixaram de existir nas avaliações subsequentes, o que pode ser em decorrência da aplicação de doses idênticas no estágio R0 (50 DAE), que equilibrou os valores na última folha expandida (Figura 1C). A absorção e

translocação do nitrogênio para as folhas novas propiciaram aumento no índice SPAD, que se situava em 34 na avaliação realizada em V10 e passou para 39 na avaliação realizada em V12, demonstrando a importância deste nutriente para a formação do aparato fotossintético (MAE, 1997). O acompanhamento da leitura SPAD até o estádio de embrorrachamento foi utilizado por PENG et al. (1996) para manejar o fertilizante nitrogenado, realizando a aplicação de cobertura quando o valor

estivesse abaixo de 35. Com esse método, os autores conseguiram aumentar a eficiência da adubação nitrogenada. No presente trabalho, este valor referencial não foi alcançado até o estádio V12 na dose de 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio e no estádio V15 situava-se em patamar inferior para todas as doses de nitrogênio. Ressalta-se que existem diferenças genéticas a serem consideradas e que podem determinar variações para as leituras SPAD entre diferentes cultivares.

Tabela 1. Índice de área foliar (IAF), senescência e severidade de doenças foliares aos 90 (R6) e 105 (R8) dias após a emergência, em resposta a doses de nitrogênio e a distintos manejos aplicados durante o estádio de embrorrachamento da cultura do arroz irrigado

Doses de nitrogênio	IAF		Senescência (%)		Severidade (%)	
	R6 (1)	R8 (1)	R6	R8	R6	R8
50 kg ha ⁻¹	4,9ns	2,1ns	7ns	44 a	0,1 b	1,3ns
100 kg ha ⁻¹	5,7	2,5	9	38 b	0,1 b	1,2
150 kg ha ⁻¹	5,9	2,8	8	30 c	0,3 a	1,0
Manejo em R2 (1)						
Testemunha	4,9ns	2,4ns	7ns	39ns	0,3 a	1,7 a
Fungicida (F)	5,4	2,4	7	39	0,1 ab	0,8 b
N suplementar (N)	5,3	2,2	9	37	0,2 ab	1,5 ab
F + N	6,2	3,0	9	35	0,0 b	0,8 b
Média	5,5	2,5	8	37	0,2	1,2
C.V.=	11,1	13,8	19,8	7,8	15,3	18,4

(1) Estágio de desenvolvimento segundo escala proposta por COUNCE et al. (2000)..

ns: Teste F não significativo (P=0,05). Médias não seguidas pela mesma letra diferem entre si pelo Teste de Tukey (P=0,05).

Não foi verificada interação entre os fatores estudados para as avaliações procedidas durante o período de enchimento de grãos. O IAF foi semelhante entre as doses de nitrogênio e entre os manejos realizados durante o estádio de embrorrachamento, embora em valores absolutos o IAF tenha aumentado com incremento da doses de nitrogênio (Tabela 1). Destaca-se a redução da área foliar em 55%, desde a elongação de pelo menos uma cariopse à extremidade da casca (R6) até a formação de grãos com casca marrom (R8), indicando a translocação de fotoassimilados das folhas (fonte) para os grãos (dreno). As folhas são as maiores fontes de nitrogênio para a remobilização, sendo um processo que acelera a senescência foliar e resulta em rápido decréscimo da atividade fotossintética (MAE, 1997). Por outro lado, TAKAI et al. (2006) demonstram a importância da fotossíntese no dossel vegetativo durante a fase reprodutiva e os autores relatam ser este o próximo passo em direção ao aumento do potencial produtivo.

A senescência foliar foi retardada com o aumento das doses de nitrogênio na avaliação realizada no estádio R8, momento em que se aproximava a colheita. Os manejos realizados durante

o estádio de embrorrachamento não alteraram o decréscimo da área foliar que continuou ocorrendo de R6 para R8 e igualmente não influenciaram a senescência foliar. Apesar de ser influenciada pelos tratamentos, especialmente pela aplicação de fungicida, a severidade de doenças foliares foi baixa, sendo insuficiente para causar prejuízos à área foliar e à produtividade. O índice SPAD decresceu nas avaliações realizadas durante o período de enchimento de grãos. As principais diferenças observadas relacionaram-se principalmente com as doses de nitrogênio aplicadas na fase vegetativa (Figura 2A). O incremento das doses de nitrogênio aumentou o índice SPAD tanto na folha bandeira como na penúltima folha. Na avaliação realizada em R7, observa-se que as leituras foram menores na penúltima folha, especialmente na menor dose de nitrogênio. Esse fato decorre da liberação de nitrogênio das folhas mais velhas, para suprir a atividade metabólica das folhas novas e dos grãos (KAMACHI et al., 1991). Para os manejos feitos durante a fase de embrorrachamento, apesar de existir uma tendência de superioridade nos tratamentos com aplicação suplementar de nitrogênio, os valores não diferem estatisticamente (Figura 2B).

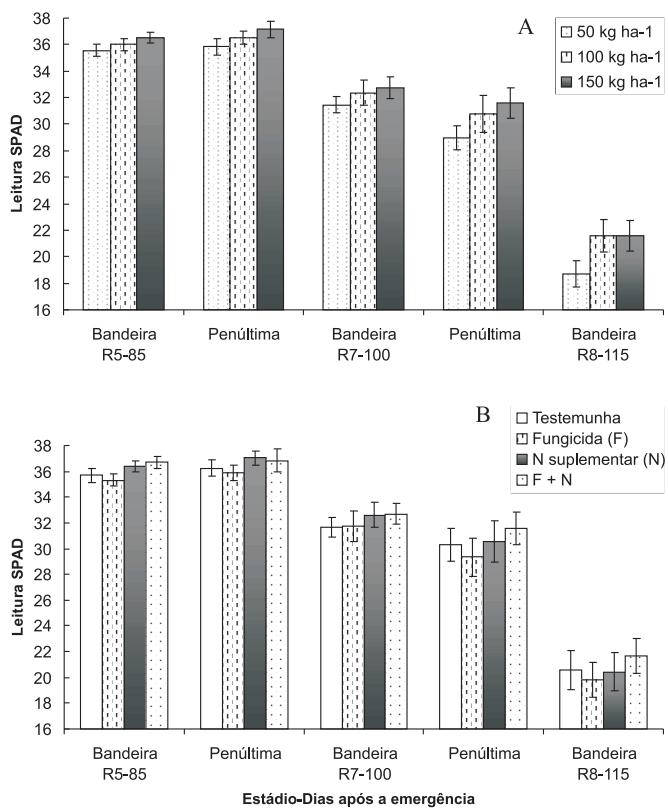


Figura 2. Leitura SPAD na última (bandeira) e penúltima folha em resposta às doses de nitrogênio (A) e a distintos manejos realizados durante estádio de emborrachamento (B) da cultura do arroz irrigado.

Semelhante aos demais parâmetros avaliados, não houve interação entre os fatores estudados para a produtividade de grãos. Com relação às doses de nitrogênio, obteve-se produtividade ao redor de

10.000 kg ha⁻¹ com a utilização de 100 e 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio, sendo superior àquela obtida com 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio (Tabela 2). Da mesma forma, o maior número de panículas por metro quadrado foi alcançado nas maiores doses, evidenciando a relação entre a produtividade e o efeito do fertilizante nitrogenado na formação dos componentes da produtividade, no aumento do aparato fotossintético e no acúmulo de fotoassimilados durante a fase que antecede a emissão das panículas. NTANOS e KOUTROBAS (2002) relatam que a maior quantidade de massa seca e nitrogênio acumulados até o florescimento resultam em maiores quantidades de carbono e nitrogênio translocados para os grãos.

Para as condições de realização do trabalho, os manejos realizados durante o estádio de emborrachamento não influenciaram a produtividade e os seus componentes. A baixa severidade de doenças foliares e o eficiente aproveitamento dos fertilizantes nitrogenados, relacionados às condições ambientais favoráveis durante o ciclo da cultura, podem explicar em parte, a falta de resposta às práticas de manejo no período reprodutivo. A ocorrência de radiação solar acima da normal de novembro a março (dados não mostrados), propiciou condições energéticas para a plena atividade fotossintética, condicionando o aproveitamento do nitrogênio aplicado anteriormente ao estádio de emborrachamento. Além disso, verificaram-se precipitações pluviais abaixo da normal, especialmente em fevereiro, que coincidiu com o florescimento da cultura e reduziu a ocorrência de patógenos foliares. Destaca-se também a ausência de temperaturas baixas prejudiciais na fase reprodutiva, conforme se observa pelos baixos valores de esterilidade de espiguetas obtidos no experimento.

Tabela 2. Produtividade, panículas por metro quadrado (PMQ), número de grãos por panícula (GP), massa de mil grãos (MMG) e esterilidade de espiguetas (EE), em resposta às doses de nitrogênio e a distintos manejos realizados durante o estádio de emborrachamento do arroz irrigado

Doses de nitrogênio	Produtividade kg ha ⁻¹	PMQ	GP	MMG	EE
				g	%
50 kg ha ⁻¹	9.313 b	469 b	77ns	25,9ns	4,1ns
100 kg ha ⁻¹	9.910 a	515 a	83	25,8	3,9
150 kg ha ⁻¹	10.125 a	514 a	84	25,6	4,6
Manejo em R2 (¹)					
Testemunha	9.904ns	515 ns	82ns	25,4ns	4,1ns
Fungicida (F)	10.066	480	83	25,8	4,0
N suplementar (N)	9.451	488	82	25,9	4,4
F + N	9.711	515	78	26,0	4,3
Média	9.783	500	81	25,8	4,2
C.V. =	6,5	10,4	12,5	3,4	13,1

(¹) Estágio de desenvolvimento segundo escala proposta por COUNCE et al. (2000).

ns: Teste F não significativo ($P=0,05$). Médias não seguidas pela mesma letra diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P=0,05$).

4. CONCLUSÕES

1. A aplicação de nitrogênio nos estádios que antecedem o emborrachamento contribui para a formação do número de panículas m^{-2} , para o aumento do aparato fotossintético, para o acúmulo de fotoassimilados e para a produtividade.

2. A aplicação suplementar de nitrogênio e o uso de fungicida no emborrachamento, em condições de baixa severidade de doenças foliares e sem restrições climáticas, não afetam a duração da área foliar fotossintetizante, os componentes e a produtividade de grãos de arroz de arroz irrigado.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e ao Fundo de Incentivo à Pesquisa (Fipe) pelo suporte financeiro e pelas bolsas de estudo e produtividade concedidas. Ao Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) pelo empréstimo do clorofilômetro.

Os autores agradecem ainda aos demais integrantes do Grupo de Pesquisa em Arroz e Uso Alternativo de Várzea pela assistência durante a realização do experimento.

REFERÊNCIAS

- BETHENOD, O.; Le CORRE, M.; HUBER, L.; SACHE, I. Modelling the impact of brown rust on wheat crop photosynthesis after flowering. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, v.131, p.41-53, 2005.
- CARLESSO, R.; HERNANDEZ, M.G.R.; RIGHES, A.A.; JADOSKI, S.O. Índice de área foliar e altura de plantas de arroz submetidas a diferentes práticas de manejo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.2-3, p.268-272, 1998.
- CELMER, A.F.; BALARDIN, R.S. Danos devido a doenças foliares no arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25; 2003, Itajaí, SC. *Anais...* Itajaí: EPAGRI, 2003. p.326-328.
- COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective and adaptive system for expressing rice development. *Crop Science*, Madison, n.40, p.436-443, 2000.
- DINGKUHN, M.; de DATTA, S.K.; JAVELLANA, C.; PAMPLONA, R.; SCHNIER, H.F. Effect of late-season N fertilization on photosynthesis and yield of transplanted and direct-seeded tropical flooded rice. I. Growth dynamics. *Field Crops Research*, Amsterdam, v.28, 223-234, 1992.
- FAGERIA, N.K.; PRABHU, A.S. Controle de brusone e manejo de nitrogênio em cultivo de arroz irrigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.2, p.123-129, 2004.
- KAMACHI, K.; YAMAYA, T.; MAE, T.; OJIMA, K. A role for glutamine synthetase in the remobilization of leaf nitrogen during natural senescence in rice leaves. *Plant Physiology*, v.96, p.411-417, 1991.
- MAE, T. Physiological nitrogen efficiency in rice: nitrogen utilization, photosynthesis, and yield potential. *Plant and Soil*, Sofia, v.196, p.201-210, 1997.
- MARZARI, V et al. População de plantas, doses de nitrogênio e a aplicação de fungicida na produção de arroz irrigado. I. Características agronômicas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.37, n.2, 2007.
- NTANOS, D.A.; KOUTROUBAS, S.D. Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. *Field Crops Research*, Amsterdam, v.74, p.93-101, 2002.
- OOKAWA, T.; NARUOKA, Y.; YAMAZAKI, T.; SUGA, J.; HIRASAWA, T. A comparasion of the accumulation and partitioning of nitrogen in plants between two rice cultivars, Akenohoshi and Nipponbare, at the ripening stage. *Plant Production Science*, Shinkawa, v.6, n.3, p.172-178, 2003.
- PENG, S.; GARCIA, F.V.; LAZA, R.C.; SANICO, A.L.; VISPERAS, R.M.; CASSMAN, K.G. Increased N-use efficiency using a chlorophyll meter on high-yielding irrigated rice. *Field Crops Research*, Amsterdam, v.47, p.243-252, 1996.
- SHIRATSUCHI, H.; YAMAGISHI, T.; ISHII, R. Leaf nitrogen distribution to maximize the canopy photosynthesis in rice. *Field Crops Research*, Amsterdam, v.95, p.291-304, 2006.
- TAKAI, T.; MATSUURA, S.; NISHIO, T.; OHSUMI, A.; SHIRAIWA, T.; HORIE, T. Rice yield potential is closely related to crop growth rate during late reproductive period. *Field Crops Research*, Amsterdam, v.96, p.328-335, 2006.
- WOPEREIS-PURA, M.M.; WATANABE, H.; MOREIRA, J.; WOPEREIS, M.C.S. Effect of late nitrogen application on rice yield, grain quality and profitability in the Senegal River valley. *European Journal of Agronomy*, v.17, p.191-198, 2002.
- YOSHIDA, S. *Fundamental of rice crop science*. Los Baños: International Rice Research Institute, 1981. 269p.
- ZHONG, X.; PENG, S.; SHEEHY, J.E.; VISPERAS, R.M.; LIU, H. Relationship between tillering and leaf area index: quantifying critical leaf area index for tillering in rice. *Journal of Agriculture Science*, Cambridge, v.138, p.269-279, 2002.

Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na suscetibilidade do arroz à temperatura baixa na fase reprodutiva

Nitrogen doses and timing on rice susceptibility to low temperature in reproductive stage

Ramón Méndez Larrosa^I Enio Marchesan^{II*} Leandro Souza da Silva^{III} Luis Antonio de Avila^{II}

RESUMO

A aplicação de nitrogênio (N) deve afetar a sensibilidade das plantas de arroz quando submetidas ao frio na fase reprodutiva. Assim, foram instalados dois experimentos em casa de vegetação, no Instituto Nacional de Investigação Agropecuária (INIA), INIA Treinta y Tres, Uruguai, na safra agrícola 2007/08. O primeiro experimento teve o objetivo de determinar o efeito da época e o segundo, o efeito de dose de aplicação de N sobre a suscetibilidade de plantas de arroz irrigado à temperatura baixa na fase reprodutiva. Realizou-se um experimento bifatorial em delineamento inteiramente casualizado (fator A: épocas ou doses de aplicação de N e fator B: aplicação ou não de frio nos dois experimentos), com quatro repetições. No experimento 1, os tratamentos do fator A foram a aplicação de N (30kg ha⁻¹) nos estádios V4, V5, V6, V7, V8, R0, R1+4 dias e a testemunha sem N em cobertura. Nesse experimento, os tratamentos que receberam N de V4 a V8 também receberam mais 30kg ha⁻¹ no estádio R0, e os tratamentos que receberam N nos estádios R0 e R1+4 dias também receberam 30kg ha⁻¹ no estádio V4. No experimento 2, o fator A foram níveis de N de 0, 23, 46 e 69kg ha⁻¹ de N no estádio V4 mais uma aplicação de 23kg ha⁻¹ no estádio R0 e as mesmas doses em R0 com 23kg ha⁻¹ no estádio V4, mais uma testemunha sem aplicação de N nos dois estádios. No tratamento com frio, as plantas foram submetidas a 12,5°C durante sete horas em quatro noites quando o colar da folha bandeira ficou com a mesma altura que o colar da folha anterior. Foram avaliados os seguintes parâmetros: a percentagem de esterilidade de espiguetas, o índice SPAD, realizado aos três, 10 e 16 dias após o tratamento do frio no estádio R2-R3, a produtividade de grãos por vaso, o número de panículas por balde e a massa de mil grãos. A esterilidade de espiguetas não foi influenciada pela época, pela dose de aplicação de N ou pelo tratamento de frio, mas encontrou-se

efeito temporário do frio no índice SPAD com atraso na emergência de panículas. Não há necessidade de ajustes da adubação nitrogenada para essa variedade mesmo quando há expectativa de frio no Uruguai.

Palavras-chave: arroz irrigado, frio, índice SPAD.

ABSTRACT

Nitrogen doses and timing of topdressing application affects the sensibility of rice plants to low temperature in reproductive stage. For these reasons it were installed two experiments with the objective of determining the effect of nitrogen topdressing application doses and timing on the susceptibility of rice plants to low temperature in the reproductive phase. The experiments were sowed in 2007/08 growing season in a greenhouse at Instituto Nacional de Investigação Agropecuária (INIA), INIA Treinta y Tres, Uruguay, with INIA Olimar cultivar. In both experiments, a factorial experiment was carried out in a completely randomized design, with four replications (factor A: stages or rates of N application and factor B: temperature treatment, with or without cold). In the experiment 1 the treatments of factor A were N application of 30 kg ha⁻¹ in V4, V5, V6, V7, V8, R0, R1+4 days and an untreated check without N in topdressing. In experiment 2, the factor A was doses of N: 0, 23, 46 and 69kg ha⁻¹ in V4 stage and the same levels of N in R0 stage plus a check without N in topdressing. The plants were treated with 12.5°C during seven hours for four nights when the collar of the flag leaf was at the same height of the previous leaf. The following aspects were evaluated: grain yield; spikelet sterility; SPAD index at three, ten and sixteen days of low temperature treatment; number of panicles per plot and weight of 1000 grains. Spikelet sterility was not affected by the application of N in different stages or doses, by cold treatment or their interaction, but the cold

^IInstituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Treinta y Tres. Ruta 8, km 286, Treinta y Tres, Uruguay.

^{II}Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: emarchezan@terra.com.br. *Autor para correspondência.

^{III}Departamento de Solos, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

treatment affected temporally the SPAD index with delaying panicle emerge. It is not necessary to modify the N applications for this variety in Uruguay.

Key words: flooded rice, low temperature, SPAD index.

INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é um dos macronutrientes essenciais para a obtenção de alta produtividade de grãos de arroz e um dos mais estudados. Entretanto, ainda existem aspectos desconhecidos na sua interação com o ambiente e a utilização pela planta. Apesar do controle da maioria das variáveis de manejo da lavoura, as condições climáticas, principalmente temperatura e radiação solar, são essenciais para obtenção de resposta ao nutriente e alta produtividade de grãos. Na região produtora de arroz do Sul do Rio Grande do Sul (RS) e leste do Uruguai, é necessário aplicar nitrogênio (N), já que a quantidade fornecida pelo solo desse nutriente não é suficiente para suprir as necessidades das plantas. As doses são determinadas em experimentos de campo. A recomendação de aplicação de N deve considerar a dose adequada e, também, a época de aplicação, já que o N é um nutriente transferido facilmente do sistema de produção por diversos mecanismos (FAGERIA & STONE, 2003).

Trabalhos realizados pelo Instituto de Pesquisa Internacional do Arroz (IRRI), e na Austrália determinaram que a esterilidade de espiguetas ocasionada por temperatura baixa é aumentada por doses altas de N aplicadas (HEENAN, 1984; HAQUE, 1988; HAYASHI et al., 2000; GUNAWARDENA et al., 2003). No leste do Uruguai, DEAMBROSI et al. (1997) determinaram probabilidade de 20% (um em cada cinco anos) de ocorrerem médias descendais de temperaturas médias do ar inferiores a 15°C no período coincidente com a fase reprodutiva das plantas de arroz. STEINMETZ et al. (1997) estudaram os riscos de ocorrência de temperaturas baixas na mesma fase em oito localidades do Sul do Brasil e duas no Uruguai, sendo Treinta y TrEs, no Uruguai, a que apresentou os maiores riscos.

No Japão e na Austrália tem sido realizados experimentos com o objetivo de determinar o momento ótimo de aplicação de N dentro dos estádios da fase vegetativa ou reprodutiva e os efeitos na suscetibilidade à baixa temperatura na fase reprodutiva. No Japão, estudando o efeito do N na suscetibilidade ao frio na fase reprodutiva, SATAKE et al. (1987) dividiram a fase mais sensível ao frio (emborrachamento, entre R0 e R2, segundo a escala de COUNCE et al., 2000) em três

estádios, sendo o mais sensível o período entre a diferenciação das espiguetas até o estádio de jovem micrósperma. Esse foi o estádio em que a aplicação de N provocou mais esterilidade de espiguetas. Resultados similares também foram obtidos por HAYASHI et al. (2000). Já GUNAWARDENA et al. (2003) trabalharam na fase vegetativa e na fase reprodutiva e encontraram que, independentemente da fase, doses únicas originam alta esterilidade de espiguetas. As aplicações de altas doses de N, tanto na fase vegetativa, quanto reprodutiva, determinam um maior número de perfis e grãos por panícula, diminuindo a disponibilidade imediata de assimilados no momento de enchimento de grãos de pólen e ocasionando um aumento de esterilidade de espiguetas (GUNAWARDENA et al., 2003; GUNAWARDENA & FUKAI, 2005).

As condições climáticas mudam de região para região, sendo necessário estudar localmente os efeitos das épocas e doses de aplicação de N, tanto na fase vegetativa, quanto na reprodutiva, na suscetibilidade à baixa temperatura aplicada na fase reprodutiva. O objetivo do presente trabalho foi determinar o efeito das épocas e das doses de aplicação de N em estádios da fase vegetativa e da fase reprodutiva sobre a suscetibilidade da planta de arroz à temperatura baixa na fase reprodutiva.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados no ano agrícola 2007/08 com a cultivar 'INIA Olimar' em casa de vegetação do Instituto Nacional de Investigação (INIA), INIA Treinta y Tres, Treinta y Tres, Uruguai. O solo destinado aos experimentos foi retirado do campo experimental de arroz do INIA Treinta y TrEs. Os resultados da análise química de solos foram, em média, os seguintes: pH (H_2O), 6,1; M.O. ($g\ kg^{-1}$), 2,79 (adequada); P (Ac. Cítrico $\mu\ P\ g^{-1}$), 4,40 (baixo); K ($cmol\ kg^{-1}$), 0,22 (adequado), areia 270 ($g\ kg^{-1}$), silte 470 ($g\ kg^{-1}$)% e argila 260 ($g\ kg^{-1}$), enquadrado na Unidade de Solos "La Charqueada" (ALTAMIRANO, 1979).

Em novembro de 2007, sementes da cultivar 'INIA Olimar' foram embebidas por 24 horas em água da torneira e, em seguida, semeadas no solo acondicionado em vasos plásticos de 10 litros, com 10kg de solo. Depois do desbaste, permaneceram oito plântulas de arroz por vaso. Aplicou-se a seguinte quantidade como nutriente na semeadura: 8mg kg^{-1} de solo de N, 20,4mg kg^{-1} de solo de P_2O_5 como fosfato de amônio (DAP) e 9,6mg kg^{-1} de solo de K_2O aplicado como cloreto de potássio (KCl). O solo do vaso foi mantido úmido colocando-se água, quando era necessário, até a quarta folha, quando então foi alagado,

deixando-se uma lâmina de água de 3cm, a qual foi aumentada, na medida em que as plantas foram crescendo, até atingir 5cm.

Realizou-se um experimento bifatorial em delineamento inteiramente casualizado (fator A: épocas ou doses de aplicação de N e fator B: tratamentos de temperatura: com e sem frio), com quatro repetições. No experimento 1, os tratamentos consistiram da aplicação de uma dose total em cobertura de 60kg de N ha⁻¹, sendo 30kg ha⁻¹ aplicados em diferentes estádios de desenvolvimento da fase vegetativa (V4, V5, V6, V7 e V8) e mais 30kg ha⁻¹ na fase reprodutiva em R0; um tratamento, que recebeu 30kg ha⁻¹ em V4 e mais 30kg ha⁻¹ em R1; outro tratamento onde aplicou-se 30kg ha⁻¹ em V5 acrescido de 30kg ha⁻¹ R1+4 dias; mais uma testemunha sem N em cobertura. No experimento 2, variou-se a dose de N, aplicando-se 0, 23, 46 e 69kg de N ha⁻¹ em V4 e outros 23kg de N ha⁻¹ no estádio R0, além de outros três tratamentos que receberam 23kg de N ha⁻¹ em V4 e 0, 46 e 69kg de N ha⁻¹ em R0, mais uma testemunha sem N em cobertura. A quantidade de uréia aplicada nos diferentes tratamentos foi calculada de acordo com a superfície dos vasos.

Os vasos com as plantas foram mantidos todo o tempo na casa de vegetação. Quando o colmo principal chegou ao estádio onde o colar da folha bandeira ficou próximo ao colar da folha anterior (entre os estádios R1 e R2), aplicou-se o tratamento de frio aos vasos correspondentes. Para a determinação dos estádios de desenvolvimento do arroz, utilizou-se a escala de COUNCE et al. (2000), marcando uma planta com anéis de arame colorido no colmo principal em 16 baldes. O tratamento foi realizado sob temperatura de 12,5°C por sete horas durante quatro noites na câmara de frio. Os dados para a realização desse tratamento foram coletados na base de dados da estação agrometeorológica do INIA Treinta y TrEs, que mantém registros desde 1972. A manutenção da temperatura dentro da casa de vegetação foi feita automaticamente, mantendo-se temperaturas entre 20°C e 35°C. Quando a temperatura era menor que 20°C, o sistema automaticamente ligava a calefação e, quando a temperatura era maior que 35°C, os aspersores eram acionados, o que nem sempre foi eficiente para reduzir a temperatura até o valor desejado.

Os parâmetros avaliados foram: a percentagem de esterilidade de espiguetas, o índice SPAD (medida indireta do teor de clorofila), realizado aos três, 10 e 16 dias, após o tratamento do frio no estádio R2-R3 no terço superior da folha bandeira de 10 plantas no colmo principal, a produtividade de grãos por vaso (g), o número de panículas por balde e a massa de mil grãos (g). A determinação dos componentes do rendimento foi realizada em 10 panículas por vaso.

Para a análise estatística, foi utilizado o software estatístico MSTAT 4, da Universidade de Michigan (EUA), aplicando-se o teste F para as variáveis em estudo e, quando significativo (5%), foi feita a separação de médias pelo teste de Tukey a 5%. Para a análise da percentagem de esterilidade de espiguetas, foi utilizada a transformação arco seno (GOMEZ & GOMEZ, 1984).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito significativo das épocas nem das doses de aplicação de N sobre a esterilidade de espiguetas (Tabelas 1 e 2). Esses resultados são diferentes dos encontrados na literatura, já que a literatura reporta que as aplicações de N, tanto na fase vegetativa, quanto na reprodutiva, provocam maior esterilidade de espiguetas quando as plantas são submetidas a frio na fase reprodutiva (HEENAN, 1984; HAQUE, 1988; HAYASHI et al., 2000; GUNAWARDENA et al., 2003). Um aspecto importante a ser considerado é a duração do período de frio, já que neste experimento as plantas foram submetidas ao frio que normalmente ocorre na região, enquanto outros pesquisadores usaram 24 horas de frio durante um número diferente de dias: HEENAN (1984) usou 12°C durante quatro dias; HAQUE (1988), 15°C durante cinco dias; HAYASHI et al (2000), 12°C durante quatro dias e GUNAWARDENA et al. (2003), 18/13°C, dia/noite durante cinco dias. Outro aspecto é que os trabalhos citados anteriormente usaram doses de N maiores que as usadas no presente trabalho: HEENAN (1984) usou 75 e 150kg ha⁻¹ de N, HAQUE (1988) usou 10, 40 e 80mg kg⁻¹ de N, HAYASHI et al (2000) usou 80mg kg⁻¹ de N e GUNAWARDENA et al (2003) usou 150kg ha⁻¹. No presente experimento, foram utilizadas doses de N recomendadas na região, as quais são consideradas baixas se comparadas com as citadas anteriormente. Isso pode explicar, em parte, a não-ocorrência de efeitos pelos tratamentos aplicados. Também é importante salientar que a falta de respostas aos tratamentos na esterilidade de espiguetas pode ser devido às temperaturas altas antes e depois da aplicação dos tratamentos de frio, o que, de acordo com SATAKE (1969), pode minimizar o efeito do frio na esterilidade de espiguetas.

Ainda pode-se considerar, na explicação dos resultados obtidos neste experimento, os diferentes momentos em que os genótipos utilizados nos trabalhos têm mais sensibilidade ao frio. Assim, HEENAN (1984), trabalhando com as variedades Calrose e Inga, encontraram o seguinte resultado: o dano por frio para Calrose foi maior quando a distância entre as aurículas das folhas bandeira e a penúltima

Tabela 1 - Efeito da época de aplicação de nitrogênio na resposta a frio (12,5°C, por quatro noites, sete horas por noite) do arroz da cultivar 'Olimar' medido pela esterilidade de espiguetas, pela produtividade de grãos por vaso, pelo número de grãos por panícula e pela massa de mil grãos (Experimento 1). INIA Treinta y Tres, Treinta y Tres, Uruguai, 2008.

Tratamentos	Esterilidade de espiguetas	Produtividade de grãos	Grãos por Panícula	Massa de mil grãos
	%	g vaso ⁻¹	Número	g
Sem nitrogênio	23,4 (ns)	33,7 b ⁽¹⁾	76 a	24,9 a
V4/R0 ⁽²⁾	13,8	60,5 a	93 a	25,4 a
V5/R0	13,5	56,5 ab	92 a	26,1 a
V6/R0	15,9	57,5 ab	93 a	26,1 a
V7/R0	19,5	53,5 ab	83 a	25,2 a
V8/R0	16,8	53,5 ab	85 a	26,0 a
V4/R1	13,6	51,8 ab	85 a	26,1 a
V4/R2	13,2	45,7 ab	83 a	25,8 a
Sem frio	17,6 (ns)	51,0 (ns)	86 (ns)	25,8 (ns)
Com frio	14,8	52,2	87	25,6
Média	16,2	51,6	86	25,7
CV (%)	54,7	21,1	13,3	2,3

⁽¹⁾ Médias nas colunas não ligadas pela mesma letra diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro;

⁽²⁾ Estadios de desenvolvimento segundo escala de COUNCE et al. (2000) nos quais foram aplicados 30kg ha⁻¹ de N.

(ns) Médias não diferem pelo Teste F (P=0,05).

folha estava entre -1 e +3cm, enquanto que, para Inga, a maior sensibilidade ocorreu quando a distância entre as aurículas situava-se em +6cm. A cultivar 'INIA Olimar' utilizada no presente trabalho é de recente liberação à produção comercial. Portanto, não se conhece o momento de maior sensibilidade ao frio e,

assim, a aplicação dos tratamentos de frio pode não ter ocorrido no momento de maior sensibilidade da planta. Além disso, a variabilidade observada entre as unidades experimentais para esterilidade de espiguetas foi muito alta, dificultando encontrar diferenças entre os tratamentos.

Tabela 2 - Efeito da época de aplicação de nitrogênio na resposta a frio (12,5°C, por quatro noites, sete horas por noite) da cultivar 'Olimar', medida pelo índice SPAD aos três e 10 dias após o tratamento (DAT) de frio e do número de panículas por vaso aos 87 e 92 dias após a emergência (DAE) (Experimento 1). INIA Treinta y Tres, Treinta y Tres, Uruguai, 2008.

Tratamentos	Índice SPAD	Índice SPAD	-----Número de panículas por vaso-----	
	3 DAT	10 DAT	87 DAE	92 DAE
Sem nitrogênio	29,3 bc ⁽¹⁾	31,3 abc	7ab	20 ab
V4/R0 ⁽²⁾	28,5 c	31,0 abc	11 ab	27 a
V5/R0	27,7 c	30,8 abc	8 ab	25 ab
V6/R0	28,3 c	32,7 ab	11 ab	26 ab
V7/R0	29,0 bc	29,2 bc	4 ab	18 ab
V8/R0	29,1 bc	27,5 c	1 b	16 b
V4/R1	32,8ab	33,5 a	14 a	26 ab
V4/R1+4	34,2 ^a	34,3 a	13 ab	22 ab
Sem frio	30,3 *	31,4 (ns)	10*	22 (ns)
Com frio	29,4	31,2	7	23
Média	29,8	31,3	9	22
CV (%)	6,1	5,7	65,1	19,8

⁽¹⁾ Médias nas colunas não ligadas pela mesma letra diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro;

⁽²⁾ Estadios de desenvolvimento segundo escala de COUNCE et al. (2000) nos quais foram aplicados 30kg ha⁻¹ de N;

* Média de tratamento por frio diferem pelo Teste F (P=0,05);

(ns) Médias não diferem pelo Teste F (P=0,05).

No experimento 1, verificou-se efeito simples da época de aplicação de N na produtividade de grãos por vaso, no número de grãos por panícula e na massa de mil grãos (Tabela 1). A aplicação de N no estádio V4 proporcionou a produtividade mais alta e superior à testemunha, mas não foram registradas diferenças entre os outros tratamentos com aplicação de N (Tabela 1). O efeito do N provocando maior número de panículas ao final da floração (92DAE) (Tabela 3) no estádio V4 explica a maior produtividade de grãos encontrados neste tratamento. A aplicação de N no estádio V4 seguramente provocou maior perfilhamento. Já no experimento 2 a produtividade por vaso e a massa de mil grãos não foram afetadas pelo frio nem ocorreu interação entre os dois fatores. Apesar do maior número de grãos obtido no tratamento sem aplicação de frio, isso não se refletiu na produtividade (Tabela 2). Os altos coeficientes de variação obtidos para esterilidade de espiguetas e também para o número de grãos por panícula explicam, em parte, esse resultado.

No experimento 1, as leituras feitas com o clorofilômetro (índice SPAD) na folha bandeira, três dias após do tratamento com frio (DAT), apresentaram efeitos simples significativos, tanto da época de aplicação de N, quanto do tratamento de temperatura (Tabela 3). Entretanto, a leitura aos 10DAT não apresentou resultados significativos, indicando que as plantas se recuperaram do estresse de frio. No experimento 2, o efeito do frio provocou diminuição no índice SPAD aos três DAT e aos 10DAT (Tabela 2), recuperando-se aos 16 dias (33,9, com frio e 33,6 sem frio).

Na tabela 3, é apresentada a comparação de médias do índice SPAD pelo teste de Tukey aos três e

aos 10DAT, quando o tratamento de aplicação de N no estádio R1+4 dias apresentou maior valor, seguramente, devido à realização da leitura pouco depois da aplicação de N. Observa-se também o aumento no índice SPAD entre os registros aos três DAT (30,3) e aos 10 DAT (31,4) (R2-R3 e R5, respectivamente). Isso também ocorreu no experimento 2, em que o índice SPAD foi incrementado entre a leitura aos três DAT (28,9) e 10DAT (32,4). Isso possivelmente deve-se à translocação de N para a folha bandeira. Os registros foram maiores aos três e aos 10DAT nos estádios reprodutivos (R1 e R1+4), no experimento 1, possivelmente porque estão próximos das aplicações de N.

Nos dois experimentos, o tratamento de temperatura afetou o número de panículas por vaso aos 87 dias da emergência (Tabelas 3 e 2). O frio possivelmente provocou uma diminuição na atividade fotossintética (KUK et al, 2003) inferida pelo clorofilômetro, o que ocasionou a diminuição na produção de assimilados e, portanto, provocou um atraso na emergência de panículas aos 87 dias, recuperando-se aos 92 dias. Em nível celular, segundo LYONS (1973), o frio provoca perda na fluidez das membranas, tanto das células, quanto das organelas (cloroplastos, ribossomas, etc), mudando a funcionalidade delas. As proteínas do centro de reação da fotossíntese e do transporte de elétrons estão localizadas nas membranas dos tilacóides dos cloroplastos (BERRY & BJORKMAN, 1980). Os processos enzimáticos, como a cadeia de transportadores de elétrons nos tilacóides, a fotofosforilação e as enzimas do ciclo de Calvin, são afetados pelo frio (OQUIST, 1983). Portanto, todos esses

Tabela 3 - Efeito de temperaturas baixas (12,5°C, por quatro noites, sete horas por noite) em plantas de arroz da cultivar 'INIA Olimar' na esterilidade de espiguetas, na produtividade de grãos, no número de grãos por panícula, na massa de mil grãos e na medida indireta do teor de clorofila (Índice SPAD) verificado aos três e 10 dias após o tratamento (DAT) de frio e número de panículas/vaso aos 87 e 92 dias depois da emergência (DAE) de plântulas (Experimento 2). INIA Treinta y Tres, Treinta y Tres, Uruguay, 2008.

Avaliações	Tratamentos		Média	CV (%)
	Sem frio	Com frio		
Esterilidade de espiguetas (%)	19,1 ^{ns}	23,2	21,2	66,4
Produtividade de grãos (kg vaso ⁻¹)	58,3 ^{ns}	55,5	56,9	17,8
Número de grãos por panícula	90*	80	85	21,3
Massa de mil grãos (g)	26,7 ^{ns}	26,5	26,6	2,2
Índice SPAD 3DAT	29,7*	28	28,9	5,3
Índice SPAD 10DAT	32,8*	32	32,4	3,2
Número de panículas por vaso aos 87DAE	18*	15	16	24,7
Número de panículas por vaso aos 92DAE	29 ^{ns}	28	28	10

* Médias diferem pelo teste F (P=0,05).

^{ns} Médias não diferem pelo Teste F (P=0,05).

mecanismos da fotossíntese são afetados pelo frio, provocando uma redução desta e também a produção de assimilados.

Embora o efeito da adubação nitrogenada sobre a sensibilidade ao frio de plantas de arroz seja reconhecido na literatura, pode-se considerar que as doses e épocas de aplicação de nitrogênio, usualmente empregadas na região produtora do Uruguai, não devem exercer efeito significativo sobre a sensibilidade ao frio que normalmente ocorre nessa região, durante a fase reprodutiva do arroz, cultivar 'INIA Olimar'. Isto significa que não há necessidade de ajustes da adubação nitrogenada mesmo quando há expectativa de ocorrência de frio.

CONCLUSÕES

A esterilidade de espiguetas da cultivar 'INIA Olimar' não é afetada pela época ou pelas doses de N utilizadas nem pelo frio aplicado na fase reprodutiva, considerando os limites utilizados neste trabalho. O frio influencia temporariamente o teor de clorofila medido por meio do índice SPAD, o que ocasiona atraso na emergência de panículas.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Estudantes Convênio de Pós-Graduação (PEC/PG) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida a Ramón Méndez Larrosa; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de produtividade em pesquisa a Enio Marchesan; aos técnicos e funcionários do Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria em Treinta Y Tres, Uruguai (INIA), pela ajuda nos experimentos realizados; à Dra. Walkyria Bueno Scivittaro da EMBRAPA Clima temperado, pelas sugestões de redação do texto.

REFERÊNCIAS

- ALTAMIRANO, A. **Carta detallada de suelos.** Campo experimental Paso de la Laguna. Montevideo: Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección de Suelos y Fertilizantes, 1979. 1 Mapa, Escala 1:2500.
- BERRY, J.; BJORKMAN, O. Photosynthetic response and adaptations to temperature in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 31, p.491-543, 1980.
- COUNCE, P.A. et al. A uniform, objective and adaptative system for expressing rice development. **Crop Science**, n.40, p.436-443, 2000.
- DEAMBROSI, E. et al. **Estrategia en la producción de arroz para un mejor aprovechamiento de las principales variables climáticas.** Treinta y Três: INIA Treinta y Três, 1997. Serie Técnica 89. 16p.
- FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. Manejo do nitrogênio. In: FAGERIA, N.K. et al. (Eds.). **Manejo da fertilidade do solo para o arroz irrigado.** Santo Antonio de Goiás, GO: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2003. p.51-94.
- GOMEZ, K.A.; GOMEZ, A.A. **Statistical procedures for agricultural research.** 2.ed. Singapore: John Wiley & Sons, 1984. 680p.
- GUNAWARDENA, T.A.; FUKAI, S. The interaction of nitrogen application and temperature during reproductive stage on spikelet sterility in field-grown rice. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.56, p.625-636, 2005. Disponível em: <<http://www.publish.csiro.au/paper/AR04099.htm>>. Doi: 10.1071/AR04099.
- GUNAWARDENA, T.A. et al. Low temperature induced spikelet sterility in rice. I. Nitrogen fertilization and sensitive reproductive period. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.54, p.937-946, 2003. Disponível em: <<http://www.publish.csiro.au/paper/AR03075.htm>>. Doi: 10.1071/AR03075.
- HAQUE, M.Z. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on spikelet sterility induced by low temperature at the reproductive stage of rice. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.109, p.31-36; 1988.
- HAYASHI, T. et al. Effects of high nitrogen supply on the susceptibility to coolness at the young microspore stage in rice (*Oryza sativa L.*). **Plant Production Science**, Tokyo, v.3, n. 3, p.323-327, 2000.
- HEENAN, D.P. Low-temperature induced floret sterility in the rice cultivars Calrose and Inga as influenced by nitrogen supply. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, Melbourne, v.24, p.255-259, 1984. Disponível em: <<http://www.publish.csiro.au/paper/EA9840255>>. Doi: 10.1071/EA9840255.
- KUK et al. Antioxidative enzymes offer protection from chilling damage in rice plants. **Crop Science**, Madison, v.43, p.2109-2117, 2003.
- LYONS, J.M. Chilling injury in plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.24, p.445-466, 1973. Disponível em: <<http://arjournals.annualreviews.org/doi/abs/10.1146%2Fannurev.pp.24.060173.002305>>. Doi:10.1146/annurev.pp.24.060173.002305.
- OQUIST, G. Effects of low temperature on photosynthesis. **Plant, Cell and Environment**, v.6, n.4, p.281-300, 1983.
- SATAKE, T. Research on cool injury of paddy rice plants in Japan. **Japan Agricultural Research Quarterly**, v.4, n.4, p.5-10, 1969.
- SATAKE, T. al. Male sterility caused by cooling treatment at young microspore stage in rice plants. XXVI. Effect of water temperature and nitrogen application before the critical stage on sterility induced by cooling at the critical stage. **Japanese Journal of Crop Science**, v.56, n.3, p.404-410, 1987.
- STEINMETZ, S. et al. Risco de ocorrência de frio durante o período reprodutivo do arroz irrigado em regiões produtoras do Rio Grande do Sul e do Uruguai. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ, IRRIGADO, 22., 1997, Camburi. **Anais...** Camburi: EPAGRI-IRGA-EMBRAPA/CPTACT-CNPq, 1997. p.114-117.

RESPOSTA DO ARROZ IRRIGADO AO USO DE INIBIDOR DE UREASE EM PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL

Response of rice to the use of urease inhibitor in no-tillage and conventional

Mara Grohs¹, Enio Marchesan², Dâmaris Sulzbach Santos², Paulo Fabrício Sachet Massoni², Gerson Meneghetti Sarzi Sartori², Rafael Bruck Ferreira²

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a volatilização de N-NH₃ e a resposta do arroz irrigado ao uso de ureia com inibidor de urease em dois sistemas de cultivo, direto e convencional. Para tanto, desenvolveu-se um experimento em campo, no ano agrícola 2008/09, na UFSM em Santa Maria/RS. O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso em esquema bifatorial (2x5), sendo o fator A constituído por ureia e ureia revestida com B e Cu (inibidor de urease) e o fator B composto por diferentes intervalos de entrada de água (0, 3, 6, 9, 12 dias) após a aplicação das fontes de nitrogênio (N). Os resultados demonstram que o inibidor de urease retarda e diminui a conversão de N para NH₃, reduzindo as perdas por volatilização, comparativamente à ureia sem inibidor. Entre os sistemas, as perdas são potencializadas no sistema plantio direto. O inibidor de urease não traz benefícios à produtividade em qualquer um dos sistemas de cultivo utilizados e o estresse causado na planta de arroz pelo atraso no início da irrigação é mais prejudicial do que as perdas causadas pela volatilização de N-NH₃.

Termos para indexação: Ureia, perdas de nitrogênio, *Oryza sativa*.

ABSTRACT

The objective of this work was to measure the N-NH₃ volatilization and the response of irrigated rice to the use of urea with urease inhibitor in two cropping systems, no-tillage and conventional. For this, an experiment in field was performed in the crop year 2008/09, at the UFSM in Santa Maria/RS. A random block in factorial scheme (2x5), with the factor A consisting of two nitrogen (N) sources, urea and urea coated with B and Cu (urease inhibitor) and the factor B consisting of different intervals of water intake (0, 3, 6, 9, 12 days) after the application of N sources. The results demonstrated that the urease inhibitor slows and decreases the conversion of N to NH₃, reducing the losses by volatilization, comparatively to urea without inhibitor. Between the systems, the losses were increased in the no-tillage system. The urease inhibitor does not add benefits to the productivity in both cropping systems used and the stress caused on the rice plant by the delay of water intake is more harmful than the losses caused by the volatilization of N-NH₃.

Index terms: Urea, nitrogen losses, *Oryza sativa*.

(Recebido em 20 de abril de 2010 e aprovado em 11 de novembro de 2010)

INTRODUÇÃO

A produtividade das grandes culturas é altamente dependente do elemento nitrogênio (N) uma vez que é constituinte de vários compostos em plantas (Cantarella, 2007). Na cultura do arroz irrigado, recomenda-se aplicá-lo: na semeadura, no momento do estabelecimento da lâmina de água e na iniciação do primódio floral, sendo aplicado o maior volume de nitrogênio no momento da irrigação definitiva, aproveitando dessa maneira, para que o elemento seja incorporado ao solo (Mendéz et al., 2001; Scivittaro & Machado, 2004), evitando perdas significativas pelo processo de volatilização de amônia (NH₃) (Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado - SOSBAI, 2007). Porém, em muitos casos, dependendo do tamanho da lavoura, o

produtor tem dificuldades no estabelecimento da lâmina de água no intervalo recomendado (três dias), tornando o fertilizante suscetível a perdas, diminuindo assim sua eficiência. A ureia, por ser o fertilizante de menor custo por unidade de N, é a fonte mais utilizada na cultura do arroz. Quando aplicada na superfície do solo, sofre hidrólise e a reação é catalisada pela enzima urease presente no solo, perdendo-se para a atmosfera parte do nitrogênio aplicado por volatilização, na forma de gás amônia (Schulten & Scnitzer, 1998; Duarte et al., 2007). A atividade da urease é estimulada naquelas situações com grandes quantidades de matéria orgânica, como no sistema plantio direto (Vargas et al., 2005) e acaba influenciando significativamente nas perdas por volatilização (Malhi et al., 2001).

¹Universidade Federal de Santa Maria/UFSM – Departamento de Fitotecnia – Avenida Roraima – 1000 – Prédio 44 – Sala 5324 – Camobi – 97105-900 – Santa Maria, RS – maragrohs@yahoo.com.br

²Universidade Federal de Santa Maria/UFSM – Departamento de Fitotecnia – Santa Maria, RS

Uma maneira de aumentar a eficiência dos fertilizantes nitrogenados é o uso de fertilizantes estabilizados, os quais evitam a rápida transformação do N contido no fertilizante em formas menos estáveis em determinados ambientes (Kiss & Simhaian, 2002). Esses fertilizantes são conhecidos como inibidores de urease, de nitrificação ou outros aditivos, podendo ser empregado na lavoura de arroz irrigado naqueles casos em que há dificuldades em estabelecer a lâmina de água no intervalo preconizado (Scivittaro et al., 2005).

Do exposto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar as perdas de N por volatilização e a resposta do arroz irrigado ao uso de ureia revestida com inibidor de urease (B e Cu) em comparação à ureia convencional, em diferentes intervalos de entrada de água para estabelecimento da lâmina de água após a aplicação do fertilizante, no sistema convencional e plantio direto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na safra 2008/09 na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, em solo classificado como Planossolo Háplico eutrófico arênico pertencente à unidade de mapeamento Vacacaí (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, 2006), com as seguintes características: $\text{pH}_{\text{água}}(1:1) = 5,0$; $\text{P} = 11,8 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{K} = 76 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{M.O.} = 2,4 \%$; $\text{Ca} = 4,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 1,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Al} = 0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; e argila = 25%. Foram conduzidos dois experimentos alocados lado a lado diferindo apenas no sistema de cultivo (sistema convencional ou sistema plantio direto). Para a obtenção da palhada no sistema plantio direto foi semeado azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), na entressafra, na densidade de 40 kg ha^{-1} de semente.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em esquema bifatorial (2×5) com quatro repetições. O fator A foi composto pelas fontes de nitrogênio (N), sendo ureia (A1) e o inibidor de urease (A2), composto por uréia revestida com boro (B) e cobre (Cu) (45% de nitrogênio (N), na forma amídica, 2,4% peso/peso de ácido bórico e 1,5% de sulfato de cobre pentahidratado: Nitromais®), e o fator D foi composto de diferentes intervalos de entrada de água representados por: 0, 3, 6, 9 e 12 dias após a aplicação da fonte nitrogenada. A semeadura ocorreu no dia 10/11/2008 sendo utilizada a cultivar IRGA 417, na densidade de 90 kg ha^{-1} de sementes. A adubação em linha realizada por ocasião da semeadura, foi de 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 90 kg ha^{-1} de K_2O . Para o N foi utilizada a quantidade total de 120 kg ha^{-1} , dividida em 15 kg ha^{-1} na semeadura, 75 kg antes da irrigação definitiva (29DAE) e 30 kg na diferenciação do primórdio floral (65DAE), para ambas as

formas, ureia e ureia revestida com B e Cu. As unidades experimentais mediram $4,0 \times 1,87 \text{ m}$ ($7,48 \text{ m}^2$) e a área útil para estimativa da produtividade de grãos foi de $3,0 \times 1,19 \text{ m}$ ($3,57 \text{ m}^2$). Os demais tratos culturais foram realizados conforme recomendação da pesquisa (SOSBAI, 2007).

As avaliações de perdas de N por volatilização de amônia (NH_3) foram realizadas com coletores do tipo estático confeccionados a partir de frascos plásticos transparentes tipo PET de dois litros sem a base, com diâmetro de 10 cm, abrangendo $0,008 \text{ m}^2$ de área. No interior do frasco foi suspenso, com o auxílio de um arame inoxidável, uma fita de papel filtro com 2,5 cm de largura e 25 cm de comprimento umedecida com solução de H_2SO_4 1 mol dm^{-3} + glicerina 2% (v/v). A fita permanecia todo o tempo em contato com um recipiente do tipo FALCON contendo 50 ml dessa solução (Araújo et al., 2006). Foram determinadas as quantidades de N-NH_3 retidas nos coletores as 10, 24, 34, 48, 72, 96, 144, 216, 288 horas após a aplicação da fonte nitrogenada no solo. No laboratório, procedeu-se a agitação do frasco contendo a fita e posteriormente retirou-se uma alíquota de 20 ml da solução remanescente que foi destilada e titulada conforme metodologia descrita por Tedesco (1995).

Após 15 dias da aplicação do N no perfilhamento (44DAE), por ocasião da última aplicação de N na diferenciação do primórdio floral (65DAE) e no momento da floração plena do arroz (93DAE), realizou-se a avaliação de clorofila e coletou-se $0,0625 \text{ m}^2$ de plantas inteiras em cada unidade experimental, para a determinação do teor total de N na planta, segundo metodologia descrita por Tedesco (1995). Estas foram secas à 70°C em estufa de circulação forçada sendo posteriormente moídas. A avaliação de clorofila foi realizada através das leituras SPAD (clorofilômetro SPAD 502), na última folha completamente expandida, em três posições, em três plantas aleatórias por parcela.

Aos 44DAE procedeu-se a coleta de solo, através de trado do tipo calador, retirando uma amostra de 0-10 cm de profundidade em cada parcela, sendo posteriormente congelada até o momento da determinação do conteúdo das formas minerais de nitrogênio (amônio e nitrato + nitrito) segundo metodologia descrita por Tedesco (1995).

No início do cultivo foi delimitado um metro de linha de semeadura onde efetuou-se a determinação da estatura no momento da colheita e coletou-se dez panículas para obtenção do número de espiguetas por panícula, da massa de mil grãos e da esterilidade de espiguetas. A produtividade foi determinada colhendo-se manualmente as plantas da área útil das parcelas quando os grãos atingiram grau de umidade média de 20%, as quais foram trilhadas, determinando-se a massa dos grãos e corrigindo-se a umidade para 13%.

Os dados de temperatura do solo foram coletados a dois centímetros de profundidade sobre solo desnudo e sobre cobertura morta através de geotermômetros, além da temperatura do ar e precipitação diária. Esses dados foram fornecidos pela estação meteorológica do Departamento de Fitotecnia da UFSM, distante cerca de 500 metros da área do experimento. Para todos os parâmetros foram utilizados os valores máximos diários.

As variáveis determinadas foram submetidas à análise de variância, através do teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$) para o fator qualitativo enquanto que o fator quantitativo foi analisado através de regressão. Os dados em porcentagem foram transformados para $yt = \sqrt{y+1}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fluxos de volatilização de N-NH₃ variaram com a fonte de nitrogênio (N) e o sistema de cultivo (Figura 1). No sistema plantio direto (SPD), o início de um fluxo expressivo de perdas de N-NH₃ iniciou a partir de 72 horas, independente da fonte, sendo que a ureia apresentou as maiores perdas atingindo o pico de volatilização às 96 horas, totalizando uma perda acumulada de 47% do N aplicado no período de 288 horas. Quando se compara a volatilização com a temperatura do solo com cobertura morta percebe-se que, à medida que havia um acréscimo de temperatura, proporcionalmente havia um aumento no fluxo de perdas de N-NH₃, com maior influência sobre o comportamento do inibidor de urease, uma vez que a ureia manteve as perdas praticamente constantes, pois provavelmente já havia volatilizado boa parte do fertilizante. Soma-se a isso, a precipitação ocorrida no período final da avaliação, a qual potencializou um segundo pico de volatilização do inibidor de urease, demonstrando que esse produto é fortemente influenciado por condições de clima. Quando o solo está inicialmente úmido, ele também está secando continuamente e perdendo H₂O. Isto força a reação de formação da amônia $NH_4^+ + OH^- \leftrightarrow H_2O + NH_3^{(gás)}$ para o lado direito da equação, produzindo mais NH₃ (Harrell, 2007), o qual é perdido. Além disso, Malhi et al. (2001) sugerem que a umidade do solo favorece a hidrólise de fertilizantes como a ureia porque no processo de evaporação há uma tendência do N-NH₃ chegar até a superfície e ser perdido. O umedecimento do solo, imediatamente após a aplicação das fontes nitrogenadas, é mais importante do que sua condição de umidade no momento da aplicação (Lara Cabezas et al., 1997) e a água somente diminui a volatilização do N-NH₃ se for suficiente para diluir a concentração de oxídrilas (OH⁻) ao redor dos grânulos de ureia. Do contrário, a volatilização é favorecida por estimular a hidrólise do fertilizante.

Mesmo assim, o inibidor de urease apresentou menores perdas de N-NH₃, concentrando seus picos entre 96 e 216 horas após a aplicação e perdas acumuladas de 22% do total de N aplicado em cobertura. Esse produto atua inibindo a atividade da enzima urease, pois essa é ativada pelo Ni (em sua constituição possui 12 átomos de Ni) e é inibida por cátions bivalentes entre os quais se destaca o Cu, sendo seu efeito o de inibição competitiva da urease. Já o B muito provavelmente funciona como inibidor não competitivo da urease, 'fixando' o N (Watson, 2000).

Enquanto que no SPD as perdas foram na ordem de 47% do total aplicado para a fonte ureia, no SPC essas perdas não ultrapassaram 1,2% e o maior pico de perdas ocorreu às 216 horas. No caso do inibidor de urease, a perda total de N-NH₃ foi de 0,3% do total de N aplicado. Através da observação dos dados ambientais, percebe-se que o pico de volatilização das fontes está associado a uma brusca elevação da temperatura nesse sistema de cultivo, a qual ultrapassou os 40° C, somado à precipitação de 39 mm ocorrida entre o oitavo e o nono dia de avaliação.

Em termos gerais, a eficiência do inibidor de urease esteve associada basicamente à presença ou à ausência de palhada, visto que a temperatura no solo com cobertura morta é substancialmente menor que a temperatura de um solo desnudo. Quando há resíduo vegetal sobre a superfície do solo, o contato do fertilizante com o solo é diminuído, com isso a palha atua como uma barreira entre o N do fertilizante e o solo, fazendo com que a N-NH₃, produto da hidrólise, permaneça na superfície dos restos culturais, diminuindo a adsorção aos colóides orgânicos e inorgânicos, e com isso facilitando a volatilização (Cantarella et al., 2008). A atividade da urease que é incentivada na presença de resíduo vegetal está intimamente ligada à presença de matéria orgânica no solo, promovendo a atividade microbiológica e a maior produção da enzima, o que acelera a hidrólise do fertilizante nitrogenado resultando na formação de N-NH₃ (Vargas et al., 2005).

Para as leituras realizadas com o clorofilômetro (Figura 2) houve diferenças significativas no SPD e SPC para o fator intervalo de entrada de água e fontes na primeira avaliação, em que a ureia apresentou o melhor comportamento nos dois sistemas. Isso decorre provavelmente do fato do Cu reagir com a matéria orgânica formando compostos que não são aproveitáveis de imediato pela planta, ficando indisponível momentaneamente, o que pode prejudicar a formação da molécula de clorofila, pois esse micronutriente tem papel fundamental nesse processo (Taiz & Zeiger, 2006). Além disso, o Cu apresenta problemas quando misturado com fertilizantes nitrogenados, pois reage para formar compostos que se tornam insolúveis, como os

fosfatos de amônio. Nas duas avaliações sequenciais, no SPD, não foi verificado o mesmo comportamento, pois as fontes não diferiram entre si, apenas houve diferenças entre os intervalos de entrada de água, em que se observou menores leituras SPAD com o atraso da entrada de água no experimento. Para o SPC, a ureia manteve-se como a melhor fonte até a avaliação realizada aos 93DAE, em que as diferenças não foram mais detectadas.

Avaliando a resposta em teor de N total na planta (Figura 3), observa-se que houve concordância com os resultados de clorofila, uma vez que na avaliação realizada em laboratório, a resposta foi muito similar à obtida no campo, onde os tratamentos com aplicação de ureia demonstraram maior concentração de N de uma maneira geral, tendendo a diminuir essa diferença até o estádio da floração plena, nos dois sistemas de cultivo. Isso decorre

provavelmente do fato do Cu reagir com a matéria orgânica formando compostos que não são aproveitáveis de imediato pela planta. Além disso, o Cu apresenta problemas quando misturado com fertilizantes nitrogenados, pois reage para formar compostos que tornam-se insolúveis, como os fosfatos de amônio, retardando a disponibilidade dos nutrientes a comunidade vegetal.

Em relação ao conteúdo de N no solo (Figura 4), na avaliação realizada um dia antes da aplicação de N na iniciação do primórdio floral (65DAE), observa-se que as concentrações de N na forma de amônio (NH_4^+) no solo, nos tratamentos com inibidor de uréase, foram superiores aos tratamentos com ureia. Isso pode ser explicado por dois fatos: a menor volatilização de N-NH_3 ocorrida com o uso dessa fonte, tanto no SPD quanto no SPC, e a menor absorção pela planta, visto que apresentou menor teor de

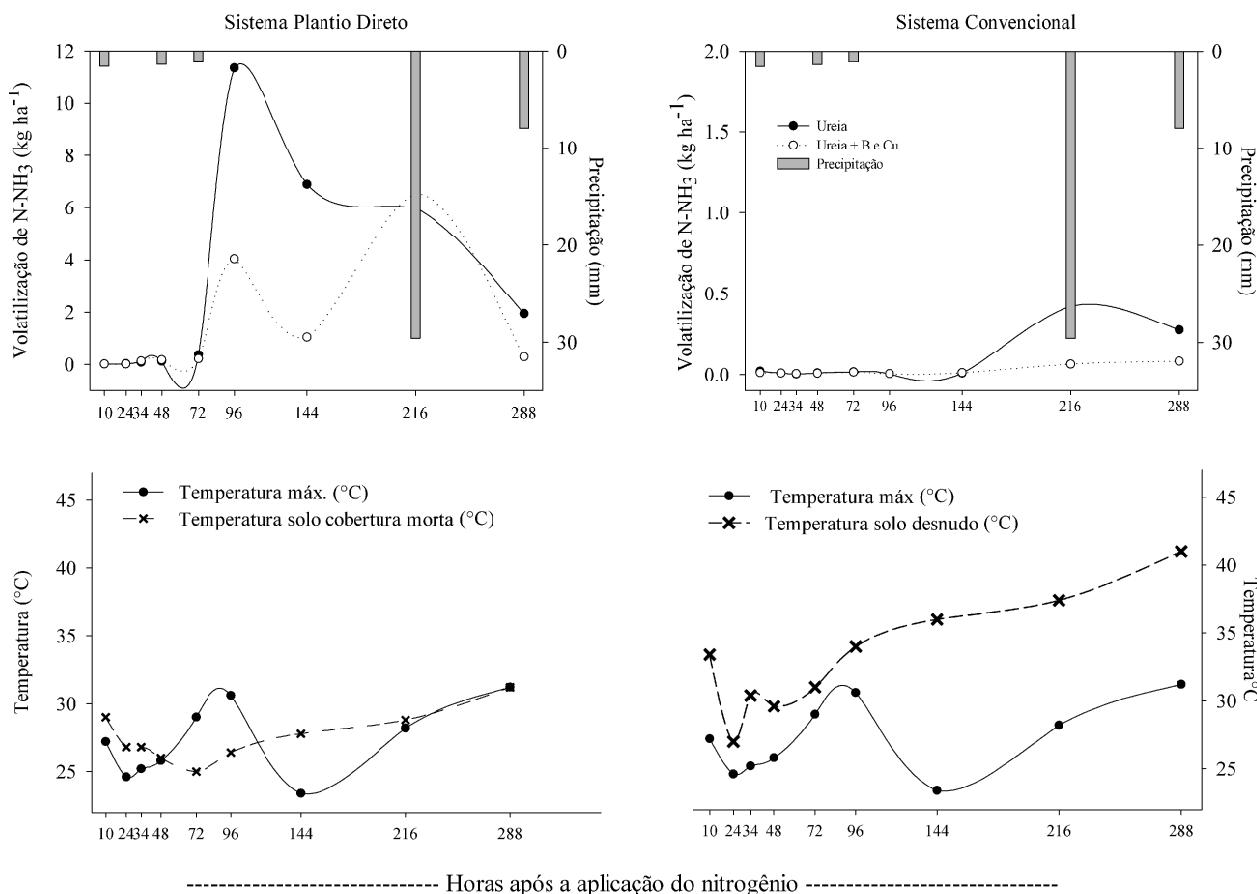


Figura 1 – Fluxo de perdas de N-NH_3 (kg ha^{-1}) em função do fertilizante aplicado, ureia e ureia revestida com B e Cu em dois sistemas de cultivo, plantio direto e convencional, em comparação as condições ambientais (temperatura máxima diária, temperatura do solo desnudo e com cobertura morta a 2 cm de profundidade e precipitação diária) durante o período de avaliação. Santa Maria, 2010.

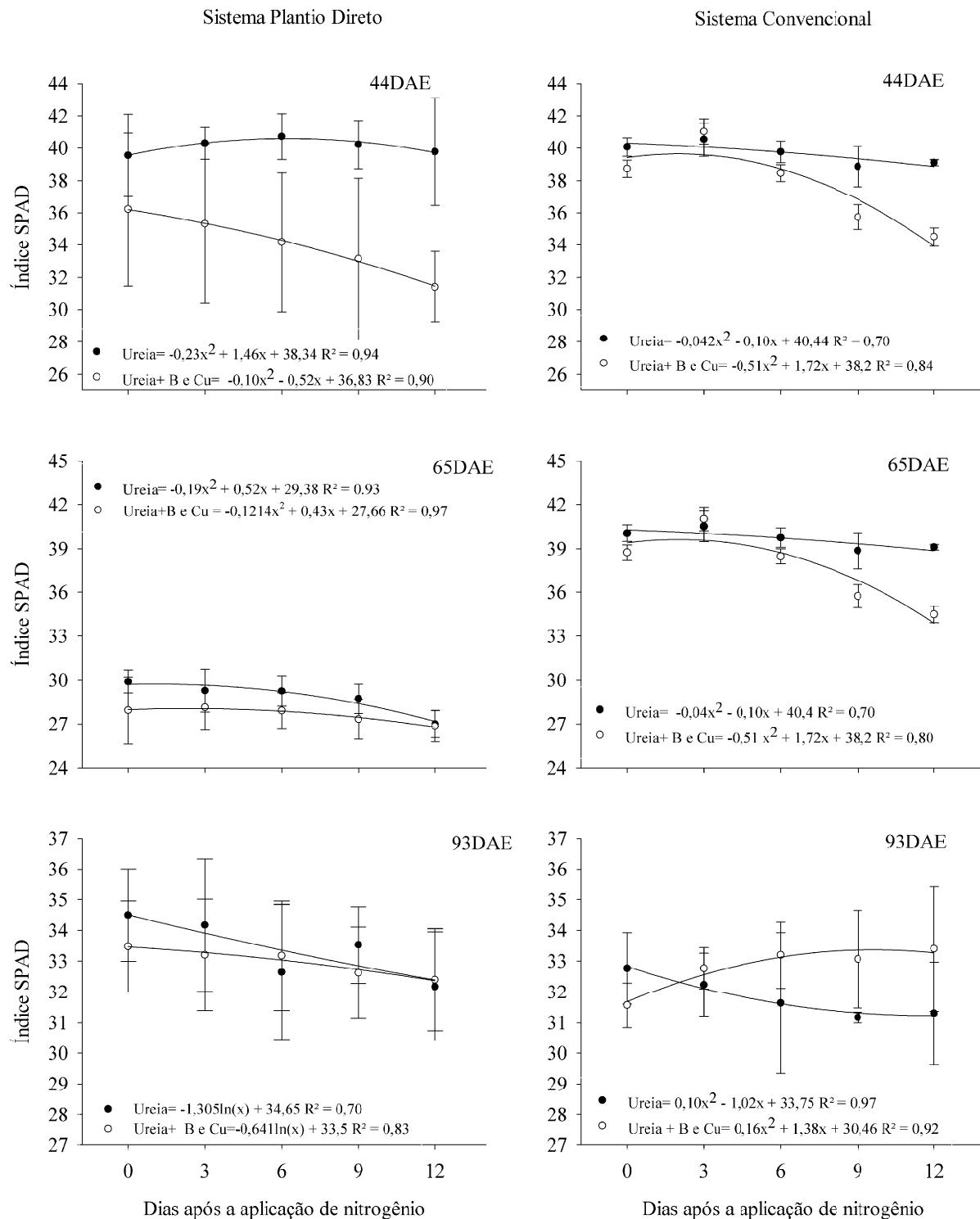


Figura 2 – Índice SPAD realizado aos 15 dias após a segunda aplicação de N (44DAE), no momento da diferenciação do primórdio floral (65DAE) e na floração plena (93DAE) na forma de ureia e ureia revestida com B e Cu no sistema de cultivo convencional e plantio direto. Santa Maria, 2010.

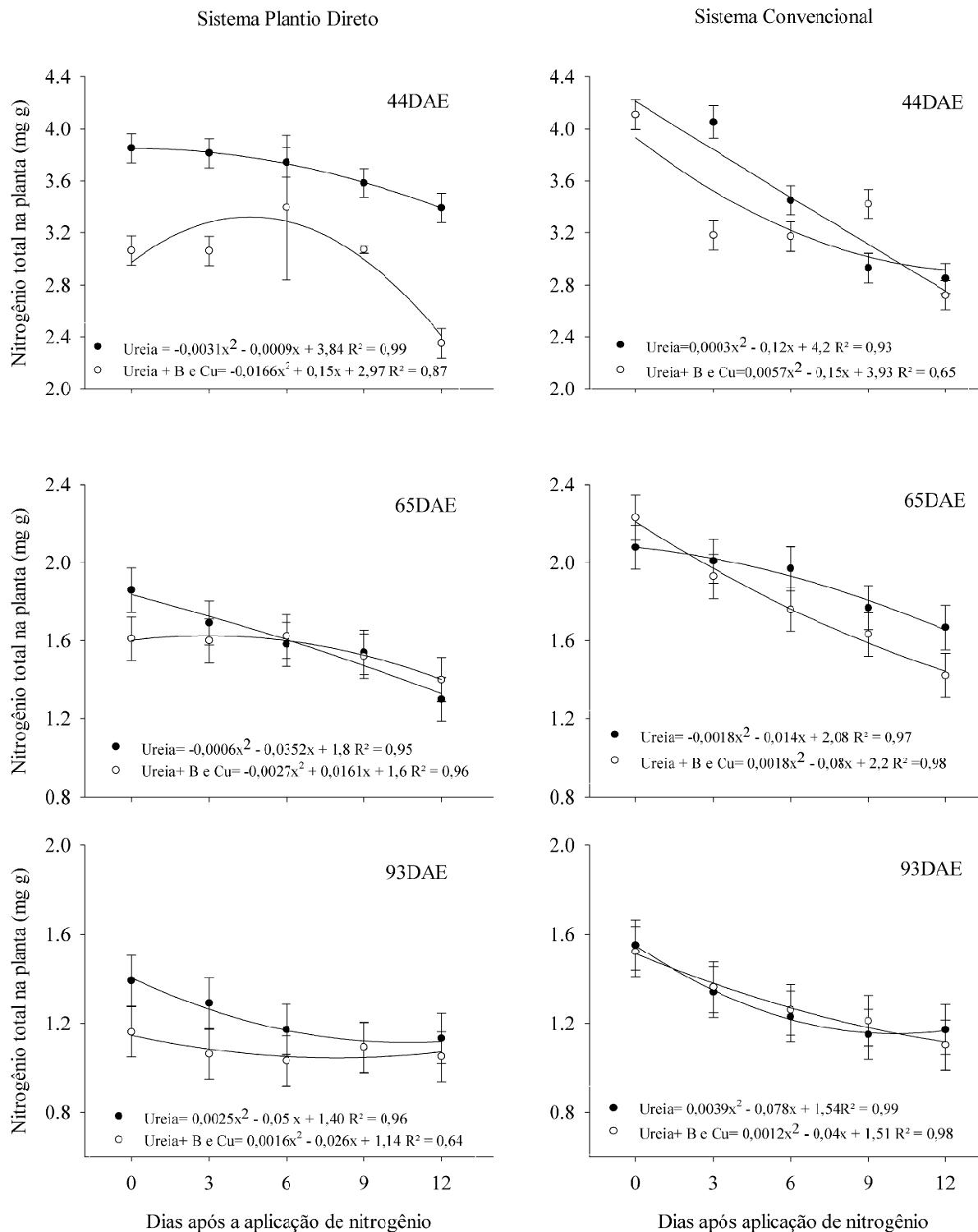


Figura 3 – Teor de nitrogênio (N) na planta em avaliações realizadas 15 dias após a segunda aplicação de N (44DAE), no momento da diferenciação do primórdio floral (65DAE) e na floração plena (93DAE) na forma de ureia e ureia revestida com B e Cu no sistema de cultivo convencional e plantio direto. Santa Maria, 2010.

N na planta em comparação a ureia, reforçando o fato de que o Cu pode estar associado/reagindo com elementos do solo, o que regula sua liberação gradual às plantas ao longo do período de cultivo do arroz. Segundo Zaman et al. (2008) a retenção do fertilizante na forma de N-NH_4^+ no solo pode melhorar o crescimento das plantas, pois é requerido menos energia para converter N-NH_4^+ em aminoácidos comparado ao nitrato ($\text{N-NO}_3^- + \text{NO}_2$).

De uma maneira geral, o N-NH_4^+ tendeu a diminuir seu conteúdo no solo à medida que era atrasada a entrada de água no experimento ocorrendo paralelamente à elevação do conteúdo de $\text{N-NO}_3^- + \text{NO}_2$, pois os fertilizantes amoniacais quando aplicados no solo, tendem a chegar a forma de $\text{N-NO}_3^- + \text{NO}_2$ pelo processo de nitrificação, dependendo da disponibilidade de oxigênio para que ocorra essa transformação (Schulten & Schnitzer, 1998). A ureia apresentou elevação do conteúdo de $\text{N-NO}_3^- + \text{NO}_2$ nos dois sistemas, pois apresentou menor concentração de N-NH_4^+ , que é substrato para a nitrificação, em detrimento a

elevação do $\text{N-NO}_3^- + \text{NO}_2$, concordando com os resultados de Zaman et al. (2008).

Apesar de diminuir as perdas por volatilização de NH_3 , os benefícios do inibidor de urease não foram convertidos em maior produtividade, pois nenhum dos componentes do rendimento (número de panículas, grãos por panícula, massa de mil grãos e esterilidade de espiguetas) e estatura diferiram estatisticamente da ureia, inclusive produtividade de grãos (Tabela 1) concordando com os resultados obtidos por Hernandes et al. (2010). As diferenças foram detectadas apenas para os intervalos de entrada de água, no SPD. Isso reforça o argumento de que a entrada de água deve ser o mais cedo possível no ciclo de vida da planta para que o arroz possa expressar seu máximo potencial produtivo (Mariot et al., 2009). Segundo Cantarella (2007) o grande impasse da utilização desses produtos é o fato de que apesar de serem eficientes na redução da volatilização de NH_3 ao manterem o N em uma forma mais estável no solo, não expressam esse resultado em ganhos de produtividade, o que não os torna vantajosos em termos econômicos.

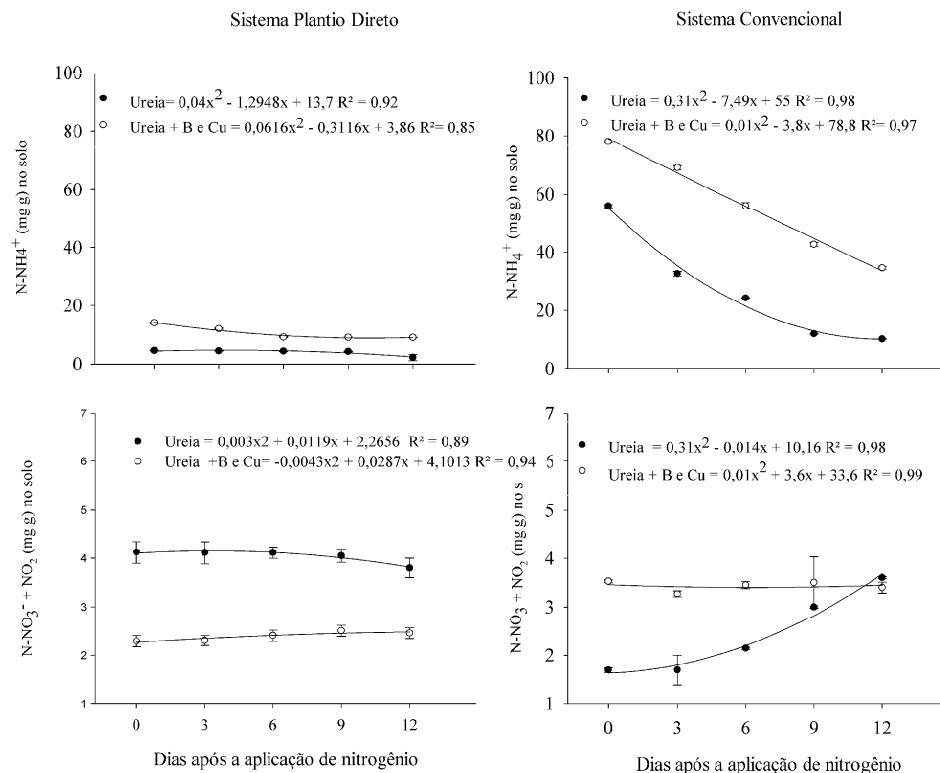


Figura 4 – Conteúdo de nitrogênio (N) no solo na forma de amônio (NH_4^+) e nitrato + nitrito ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2$) em avaliação realizada 15 dias após a segunda aplicação de N (44DAE) na forma de ureia e ureia revestida com B e Cu no sistema de cultivo convencional e plantio direto. Santa Maria, 2010.

Tabela 1 – Resposta do arroz (*Oryza sativa*) irrigado a aplicação de ureia e ureia revestida com B e Cu com entrada de água aos três, seis, nove e doze dias após a aplicação (DAA) das fontes e sua influência sobre o número de panículas (NP), número de espiguetas/panícula (NEP), massa de mil grãos (MMG), estatura (E), esterilidade de espiguetas (EE) e produtividade (PROD) em dois sistemas de cultivo, plantio direto e convencional. Santa Maria, 2010.

Fonte (FATOR A)	DAA (FATOR D)	Sistema convencional						Sistema plantio direto					
		NP (m ⁻²)	NEP (g)	MMG (g)	E (cm)	EE (%)	PROD (kg ha ⁻¹)	NP (m ⁻²)	NEP (g)	MMG (g)	E (cm)	EE (%)	PROD (kg ha ⁻¹)
Ureia	0	75.7	103.8	26.6	92	4.3	10051	93.0	123.4	26.4	85.6	4.0	10128
	3	86.0	116.1	26.0	90	4.1	11425	89.3	101.0	26.4	82.4	4.1	9916
	6	85.7	104.9	27.1	91	3.8	12118	103.7	101.7	25.5	83.7	3.9	9921
	9	80.3	106.3	27.8	88	3.4	10678	84.3	76.1	27.3	81.4	3.3	7501
	12	67.3	110.5	27.3	91	4.0	10451	95.7	96.9	26.0	83.3	10.2	9321
	0	73.7	103.4	27.3	90	4.1	11447	79.3	86.6	28.6	83.3	3.9	9721
Ureia revestida com B e Cu	3	88.7	102.7	27.3	89	3.4	10373	94.7	102.5	26.5	85.5	3.0	9175
	6	76.3	98.5	26.7	81	2.8	10727	91.3	103.3	27.3	85.0	4.5	9827
	9	67.7	93.2	27.6	81	3.1	10365	90.3	87.6	27.1	74.8	3.9	8524
	12	75.0	107.0	27.9	87	3.2	11181	84.3	93.8	26.1	81.4	4.1	7708
Média		77.6	104.6	27.1	88	3.6	10882	90.6	97.3	26.7	82.7	4.5	9174
FATOR A ⁽¹⁾		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
FATOR D ⁽²⁾		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
FATOR A* FATOR D		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V (%)		11.65	13.64	3.73	3.2	10.83	7.8	9.4	13.83	5.53	4.75	28	8.9

⁽¹⁾Fator A referente as fontes utilizadas: ureia e ureia revestida com B e Cu;

⁽²⁾Fator D referente aos períodos de entrada de água após a aplicação de nitrogênio;

*Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo Teste F (y= -3.4038 x²-104.24x + 9983.5 R² = 0.64).

CONCLUSÕES

A utilização da ureia revestida com B e Cu retarda e reduz as perdas de N por volatilização de amônia em comparação com a ureia, estando sua eficiência associada às condições do solo e do clima, influenciadas pelo sistema de cultivo do arroz, o que nem sempre se expressa em produtividade.

Nos sistemas plantio direto e convencional, o melhor desempenho do inibidor de urease em relação a diminuição da volatilização ocorre à medida em que se retarda o estabelecimento da lâmina de água de irrigação após aplicação do fertilizante. Quando o intervalo entre a aplicação de nitrogênio e a irrigação for dentro do recomendado (três dias), não há vantagem da adição do produto em relação ao uso isolado da ureia, pois o pico de volatilização da ureia ocorre a partir de 72 horas após a aplicação do fertilizante.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pela bolsa de Iniciação Científica do Rio Grande do Sul a Mara Grohs, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa de Produtividade em Pesquisa a Enio Marchesan e de Iniciação científica a Rafael Bruck Ferreira e de apoio técnico a Gerson Meneghetti Sarzi Sartori.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, E. da S.; BODDEY, M.R.; URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R. **Câmara coletora para quantificação do N-NH₃ volatilizado do solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006. 4p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado técnico, 87). Disponível em: <<http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/download/cot087.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2010.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade dos solos**. Viçosa, MG: SBCS/UFV, 2007. p.376-470.
- CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O.; CONTIN, T.L.M.; DIAS, F.L.F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R.B.; QUAGGIO, J.A. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.65, p.97-401, 2008.
- DUARTE, F.M.; POCOJESKI, E.; SILVA, L.S. da; GRAUPE, F.A.; BRITZKE, D. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia com aplicação de ureia em solo de várzea com diferentes níveis de umidade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.3, p.705-711, 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília: Embrapa-SPI, 2006. 306p.
- HARRELL, D. Timing is everything with nitrogen fertilizer applications. **Rice Research Station News**, v.4, n.2, 2007.
- HERNANDES, A; BUZZETTI, S; ANDREOTTI, M; ARF, O; SÁ, M.E. de. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.2, p.307-312, mar./abr., 2010.
- KISS, S.; SIMIHAIAN, M. Improving efficiency of urea fertilizers by inhibition of soil urease activity. Norwell: **Kluwer Academic**, 2002. 341p.
- LARA CABEZAS, W.A.R.; KORNDÖRFER, G.H.; MOTTA, S.A. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: I., efeito da irrigação e substituição parcial da ureia por sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.481-487, 1997.
- MALHI, S.S.; GRANT, C.A.; JOHNSTON, A.M.; GILL, K.S. Nitrogen fertilization management for no-till cereal production in the Canadian great plains: a review. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.60, n.3/4, p.101-122, 2001.
- MARIOT, C.H.P.; VIEIRA, V.M.; SILVA, P.R.F. da; MENEZES, V.G.; OLIVEIRA, C.F. de; FREITAS, T.F.S. de. Práticas de manejo integradas para produção de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.3, p.243-250, 2009.
- SCHULTEN, H.R.; SCHNITZER, M. The chemistry of soil organic nitrogen: a review. **Biology Fertility Soils**, Berlin, v.26, p.1-15, 1998.
- SCIVITTARO, W.B.; GOMES, A.S.; ROSSI, F. de; NUNES, D.R. **Uso do inibidor de urease NBPT na cultura de arroz irrigado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos>>. Acesso em: 20 abr. 2010.

SCIVITTARO, W.B.; MACHADO, M.O. Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. de (Eds.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.259-303.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado:** recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Santa Maria, 2007. 159p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 722p.

TEDESCO, M.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto alegre: UFRGS, 1995. 174p.

VARGAS, L.K.; SELBACH, P.A.; SÁ, E.L.S. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.1, p.76-83, 2005.

WATSON, C.J. **Urease activity and inhibition: principles and practice**. London: The International Fertiliser Society, 2000. 40p.

ZAMAN, M.; NGUYEN, M.L.; BLENNERHASSETT, J.D.; QUIN, B.F. Reducing NH_3 , N_2O and NO_3 losses from a pasture soil with urease or nitrification inhibitors and elemental S-amended nitrogenous fertilizers. **Biology Fertility Soils**, Berlin, v.44, n.5, p.693-705, 2008.

Qualidade de grãos de arroz irrigado colhidos com diferentes graus de umidade em função da aplicação de fungicida

Grain quality of irrigated rice harvested at different moisture contents depending on fungicide application

Gustavo Mack Teló^{I*} Enio Marchesan^{II} Rafael Bruck Ferreira^{II} Alessandro Dal'Col Lúcio^{II}
Gerson Meneghetti Sarzi Sartori^{II} Diogo Machado Cezimbra^{II}

RESUMO

O objetivo do trabalho foi verificar o efeito de fungicida aplicado na parte aérea das plantas, na quantidade de grãos inteiros de cultivares de arroz irrigado colhidos com diferentes graus de umidade. O experimento foi conduzido durante o ano agrícola de 2007/08 e 2008/09, em delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema fatorial, com cultivo em faixas (4x4x6) e quatro repetições. O fator principal, em faixas, foi composto por quatro cultivares de arroz irrigado: 'BR-IRGA 409', 'IRGA 417', 'IRGA 422CL' e 'IRGA 423'. Na subparcela, a aplicação de fungicida constituído da mistura formulada de propiconazol+trifloxistrobina foi realizada em diferentes estádios de desenvolvimento (T_1 - sem aplicação de fungicida, T_2 - aplicação no estádio R_1 , T_3 - aplicação no estádio R_3 e T_4 - aplicação no estádio R_2+R_4). A colheita do arroz foi realizada na sub-subparcela dentro de cada faixa e dentro de cada subparcela, com o grau de umidade média dos grãos de 24, 22, 20, 18, 16 e 14%. Colheitas realizadas com grau de umidade média dos grãos inferior a 20% proporcionam redução no percentual de grãos inteiros para todos os tratamentos, entretanto com menor redução quando submetido a duas aplicações de fungicidas.

Palavras-chave: *Oryza sativa L.*, atraso na colheita, grãos inteiros.

ABSTRACT

This study was carried out to verify the effect of fungicide application on rice grains of irrigated rice cultivars harvested with different moisture content. The experiment was conducted during the 2007/08 and 2008/09 season, and the experimental design was a strip plot with a factorial scheme (4x4x6) and four replications. Main factor was composed by four irrigated rice cultivars: 'BR-IRGA 409', 'IRGA 417', 'IRGA

422CL' e 'IRGA 423'. In the sub-plot the fungicide was applied with the formulated mixture of propiconazole+trifloxystrobin in the plants canopy at different development stages (T_1 - untreated check, T_2 - application in R_1 stage, T_3 - application in R_3 stage and T_4 - application in R_2+R_4 stages). The different harvest times of the caryopsis were conducted in the sub-subplot in each strip and in each sub-plot, when they had 24, 22, 20, 18, 16 and 14 moisture content. Reduction of whole grains was observed in all treatments when grain moisture was under 20%, however the reduction was smaller when the fungicide was applied twice.

Key words: *Oryza sativa L.*, late harvesting, whole grains.

INTRODUÇÃO

A elevada produtividade e qualidade de grãos de arroz irrigado dependem de procedimentos de manejo aplicados no momento e na quantidade necessária. A época de semeadura é uma das práticas de maior impacto na obtenção de elevada produtividade, necessitando planejamento para realizar a semeadura no momento que proporcione maior rendimento potencial. De forma semelhante à semeadura, a colheita é uma etapa importante para obtenção de elevado percentual de grãos inteiros, característica que interfere na classificação do arroz e no valor pago no momento da comercialização.

O arroz colhido com grau elevado de umidade dos grãos requer secagem imediata para evitar

*Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: gustavo.telo@yahoo.com.br. Autor para correspondência.

^{II}Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil.

fermentação, afetando custos com mão-de-obra e energia na secagem (BINOTTI et al., 2007), além de RIBEIRO et al. (2004) relatarem ocorrência de defeitos, tais como grãos verdes, gessados e mal formados.

Por sua vez, a colheita de grãos realizada com baixo grau de umidade provoca aumento de degrane natural, acamamento de plantas e ataque de insetos, além da diminuição do percentual de grãos inteiros no beneficiamento, afetando também a germinação e o vigor das sementes (SMIDERLE et al., 2008). Segundo KUNZE & PRASAD (1978), as fissuras não são causadas somente pela ação do calor, mas também pelo reumedeccimento dos grãos, provocado pela variação brusca da umidade relativa do ar, por exemplo, por chuvas e garoas, dependendo do grau de umidade dos mesmos.

As cultivares de arroz respondem de forma diferenciada com relação à quebra de grãos durante o beneficiamento com o atraso da colheita, sendo que há indicativos de que a aplicação de fungicida pode contribuir para minimizar este efeito (RIBEIRO et al., 2004). No entanto, em função de ser uma tecnologia de uso recente, há necessidade de avaliar o efeito sobre a qualidade dos grãos, especialmente em colheitas realizadas com grau de umidade abaixo do preconizado, visto que a manifestação de doenças da parte aérea do arroz ocorre mais intensamente a partir da floração, em condição de clima tropical.

Nesse sentido, a hipótese é de que o uso de fungicida mantém a qualidade de grãos, especialmente quando colhidos com baixo grau de umidade, devido à redução da severidade de doenças, o que contribui para a manutenção da área foliar fotossinteticamente ativa por um período de tempo mais elevado.

Assim, o trabalho teve como objetivo verificar o efeito de fungicida aplicado na parte aérea das plantas, na quantidade de grãos inteiros de cultivares de arroz irrigado colhidos com diferentes graus de umidade.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante os anos agrícolas de 2007/08 e 2008/09, na área experimental de várzea do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (latitude: 29°43'S, longitude: 53°48'W e altitude: 95m), em um Planossolo Háplico eutrófico arenoso, pertencente à unidade de mapeamento Vacacaí (EMBRAPA, 2006).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial, com cultivo em faixas (4x4x6) em quatro repetições. O fator A, em faixas, foi composto por quatro cultivares de arroz irrigado:

'BR-IRGA409', 'IRGA417', 'IRGA422CL' e 'IRGA423'. A semeadura ocorreu nos dias 17 de novembro de 2007 e 08 de dezembro de 2008, na densidade de 100kg ha⁻¹ de semente para todas as cultivares, as quais foram previamente tratadas com o inseticida fipronil (62,5g i.a. ha⁻¹) e com o fungicida thiram+carboxin (50g i.a. ha⁻¹ + 50g i.a. ha⁻¹). Cada parcela foi constituída por nove linhas de 7m de comprimento, espaçadas em 0,17m, sendo colhida uma área útil de 0,95m² para cada grau de umidade. A adubação de base foi procedida com a distribuição na linha de semeadura de 17,5kg ha⁻¹ de N, 70kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 105kg ha⁻¹ de K₂O, nos dois anos. Os demais tratos culturais foram conduzidos conforme as recomendações técnicas para a cultura (SOSBAI, 2007).

O fator C foi constituído pela aplicação de fungicida na subparcela dentro de cada faixa, na parte aérea das plantas, em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (T₁ - sem aplicação de fungicida; T₂ - aplicação no estádio R₂; T₃ - aplicação no estádio R₃, e T₄ - aplicação nos estádios R₂+R₄, segundo a escala proposta por COUNCE et al. (2000)). As aplicações de fungicida na parte aérea das plantas foram realizadas pela pulverização da mistura formulada de propiconazol+trifloxistrobina, na dose de 93,75g i.a. ha⁻¹ + 93,75g i.a. ha⁻¹, respectivamente, para os tratamentos com uma aplicação de fungicida (tratamentos T₂ e T₃), e na dosagem de 75,0g i.a. ha⁻¹ + 75,0g i.a. ha⁻¹ da mistura formulada de propiconazol+trifloxistrobina, quando realizadas duas aplicações de fungicida (tratamento T₄). As aplicações foram realizadas com pulverizador costal propelido a CO₂ (pressão de 40lbs pol⁻²), utilizando-se barra com quatro pontas de pulverização cone vazio (Jacto JA-2), espaçadas 0,50m, com volume de calda ajustado para 229L ha⁻¹ para o primeiro ano e 232L ha⁻¹ para o segundo ano.

O fator D foi constituído da sub-subparcela dentro de cada faixa e dentro de cada subparcela, pela colheita do arroz com diferentes graus de umidade médio das cariopses (24, 22, 20, 18, 16 e 14% de umidade). O monitoramento do grau de umidade médio do arroz foi realizado sempre no mesmo horário, no final da manhã, durante o seu período de colheita, a qual, juntamente com a trilha, foi realizada manualmente, seguida por pré-limpeza e secagem forçada com monitoramento da temperatura de 37±2°C até atingir umidade de 13%. Posteriormente, o material experimental foi armazenado em local seco por três meses para início das avaliações.

O percentual de grãos inteiros foi obtido das amostras que foram armazenadas previamente, constituindo-se de quatro subamostras de 100g para cada tratamento e realizado o beneficiamento em

testadora de arroz. Para a aferição da máquina, utilizou-se uma amostra padrão de arroz, obtida no órgão oficial de classificação de grãos no Estado do Rio Grande do Sul (ASCAR/EMATER). A aferição da máquina resultou no tempo de 10 segundos para o descascamento e de 60 segundos para o brunitamento da amostra. A separação dos grãos inteiros e quebrados foi realizada com o *trieur*, que acompanha a testadora. A cada 16 amostras, efetuou-se a verificação da testadora com a amostra padrão. O percentual de grãos inteiros após o polimento foi obtido de forma direta, pela pesagem dos grãos inteiros e quebrados.

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste das pressuposições do modelo matemático (normalidade e homogeneidade das variâncias) e transformados para $y_t = \sqrt{y + 0,5}$. Os dados apresentados são valores não transformados. A análise da variância dos dados do experimento foi realizada através do teste F e as médias dos fatores quantitativos, quando significativas, submetidas à análise de regressão polinomial, testando-se os modelos linear e quadrático. Para os resultados expressos graficamente, determinou-se o intervalo de confiança ($P \leq 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Safra 2007/08

Entre as variáveis em estudo (cultivar x aplicação de fungicida x umidade de colheita), houve interação tripla, atendendo um comportamento quadrático polinomial (Figura 1). O maior percentual de grãos inteiros foi obtido quando a colheita foi realizada com grau de umidade médio entre 22 e 20%, sendo observada pequena redução no percentual com umidade média de 24%, para as cultivares 'BR-IRGA 409' e 'IRGA 417'. Com o atraso na colheita, houve redução no percentual de grãos inteiros para todas as cultivares, porém com respostas distintas entre elas. A cultivar 'IRGA 422CL' evidenciou a maior redução do percentual de grãos inteiros, diferenciando-se das demais quando realizada colheita com grau de umidade médio inferior a 20%.

Pelos resultados obtidos, os maiores valores do percentual de grãos inteiros apontam para colheitas realizadas com grau de umidade médio de 22 a 20%, estando de acordo com resultados de RIBEIRO et al. (2004), que avaliaram os efeitos do atraso da

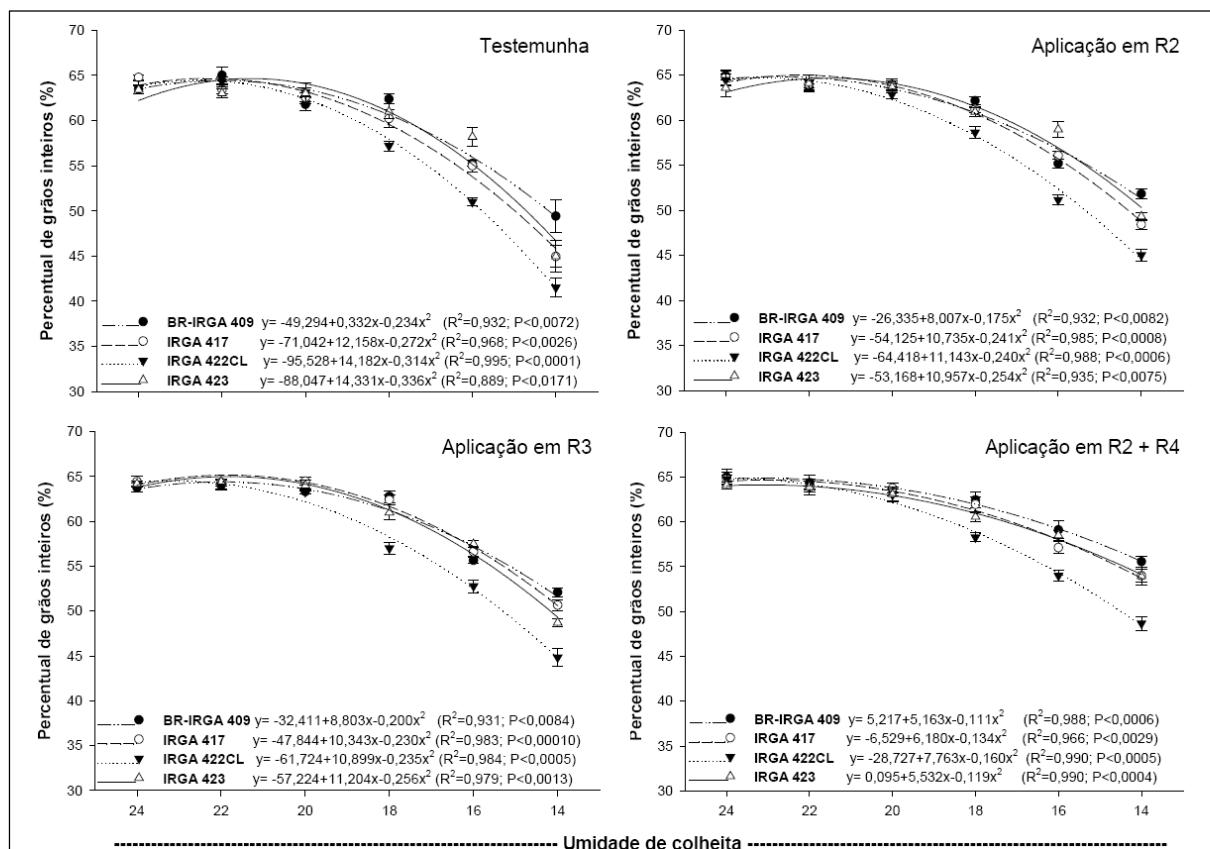


Figura 1 - Percentual de grãos inteiros de quatro cultivares de arroz irrigado, em resposta ao momento de aplicação de fungicida com mistura formulada de propiconazol+trifloxistrobina, colhidos com diferentes graus de umidade na safra 2007/08. Santa Maria-RS, 2011.

colheita de 12 cultivares de arroz. A obtenção dos maiores percentuais com essas umidades médias dos grãos está relacionada, segundo KUNZE (1986), ao comportamento higroscópico destes, os quais absorvem e perdem água até atingirem o equilíbrio com a umidade relativa do ar do ambiente. A umidade relativa do ar e a temperatura são os principais elementos meteorológicos que influenciam na formação de fissuras nos grãos de arroz (KUNZE et al., 1988). Essa situação é mais evidenciada na ocorrência de temperaturas elevadas durante o período da noite, como destacou MOHAMMED & TAPLEY (2010), em função do aumento da taxa de respiração das cariopsis, proporcionando a formação de fissuras nos grãos. Com a redução da umidade dos grãos, as trocas de umidade entre estes e o ambiente proporcionam a formação de fissuras, o que ocorre em menor intensidade quando elas ainda estão com umidade mais elevada.

A aplicação de fungicida não influenciou no percentual de grãos inteiros para colheitas realizadas com grau de umidade médio entre 24 a 20%. No entanto, o uso de duas aplicações de fungicida proporcionou os maiores percentuais de grãos inteiros para colheitas realizadas com grau de umidade entre 16 e 14%.

Para a cultivar 'IRGA 422CL', com uma redução mais acentuada do percentual de grãos inteiros com o decréscimo da umidade de colheita, o uso de duas aplicações de fungicida proporcionou menor redução da quantidade de grãos inteiros, quando comparada à testemunha, em colheita realizada com grau de umidade médio dos grãos com 16 e 14%. Além disso, o uso de duas aplicações de fungicida manteve elevado o percentual de grãos inteiros, quando colhidos com até 18% de umidade, o que não foi observado quando realizada apenas uma aplicação de fungicida. Isso pode estar correlacionado diretamente com a manutenção da área foliar e redução da senescência das folhas das plantas (SOFIATTI et al., 2006), proporcionada principalmente pelo uso de duas aplicações de fungicida.

Safra 2008/09

Para o percentual de grãos inteiros (Figura 2), o comportamento foi semelhante ao observado no ano anterior, com interação tripla entre os fatores (cultivares x aplicação de fungicida x umidade de colheita), ajustando-se a um comportamento quadrático polinomial. O percentual mais elevado ocorreu quando os grãos foram colhidos com grau de umidade médio entre 22 a 20%, confirmado os resultados obtidos na safra 2007/08. Autores como GROTH (2005) e SOFIATTI et al. (2006) não observaram influência da aplicação de fungicida na parte aérea das plantas de arroz sobre o

percentual de grãos inteiros quando colhidos com grau de umidade preconizado pela pesquisa, associando os valores do percentual à característica genética das cultivares.

A redução no percentual de grãos inteiros foi observada com o decréscimo do grau de umidade médio destes para todas as cultivares, mas, com comportamento distinto entre elas, especialmente quando realizada a colheita com grau de umidade médio inferior a 20%. Destaca-se a cultivar 'IRGA 422CL', com a maior redução do percentual de grãos inteiros para colheitas realizadas com o grau de umidade inferior a 20%, confirmado resultados obtidos na safra anterior. Para essa cultivar, o planejamento da atividade de produção envolve colheitas com umidade média dos grãos entre 24 a 20%.

Resultados semelhantes foram encontrados por MARCHEZAN et al. (1993), quando observaram que colheitas realizadas com o grau de umidade de 23 a 18% proporcionaram maior percentual de grãos inteiros em arroz irrigado. Visando determinar qual a amplitude de variação da umidade relativa do ar seria suficiente para causar fissuras nos grãos, KUNZE et al. (1988) verificaram que a variação de 40% ou mais causou fissuras apenas quando o grau de umidade do grão foi inferior a 18%, evidenciando que o efeito das condições meteorológicas no rendimento do grão depende de seu conteúdo de água. A associação entre a diferença de umidade relativa do ar máxima e mínima e o período em que a umidade relativa do ar permanece maior do que 90% promovem fissuras nos grãos, quando estes estão com grau de umidade abaixo de um valor crítico de 18% (MARCHEZAN, 1995). Essa situação pode ser relacionada ao observar os percentuais de grãos inteiros obtidos nas colheitas realizadas com grau de umidade médio inferior a 20%, em função de permanecerem mais tempo no campo, sujeitos assim a interferências das condições meteorológicas.

Ao estudar o percentual de grãos inteiros para cultivares de arroz de sequeiro, em razão do atraso da colheita, FONSECA et al. (2004) destacaram que a principal causa de quebra está relacionada à absorção de água, mais especificamente, quando a umidade dos grãos está em torno de 16%, pois, ocorrendo chuva, os grãos reidratam bruscamente, o que causa o trincamento e posterior quebra no beneficiamento. Segundo esses autores, as cultivares diferenciam-se muito quanto à capacidade de suportar essa reumidificação, podendo haver diferença quanto ao ponto ideal de colheita entre as cultivares.

O uso de fungicida não diferiu da testemunha (sem aplicação de fungicida) para as colheitas realizadas com grau de umidade médio entre 24

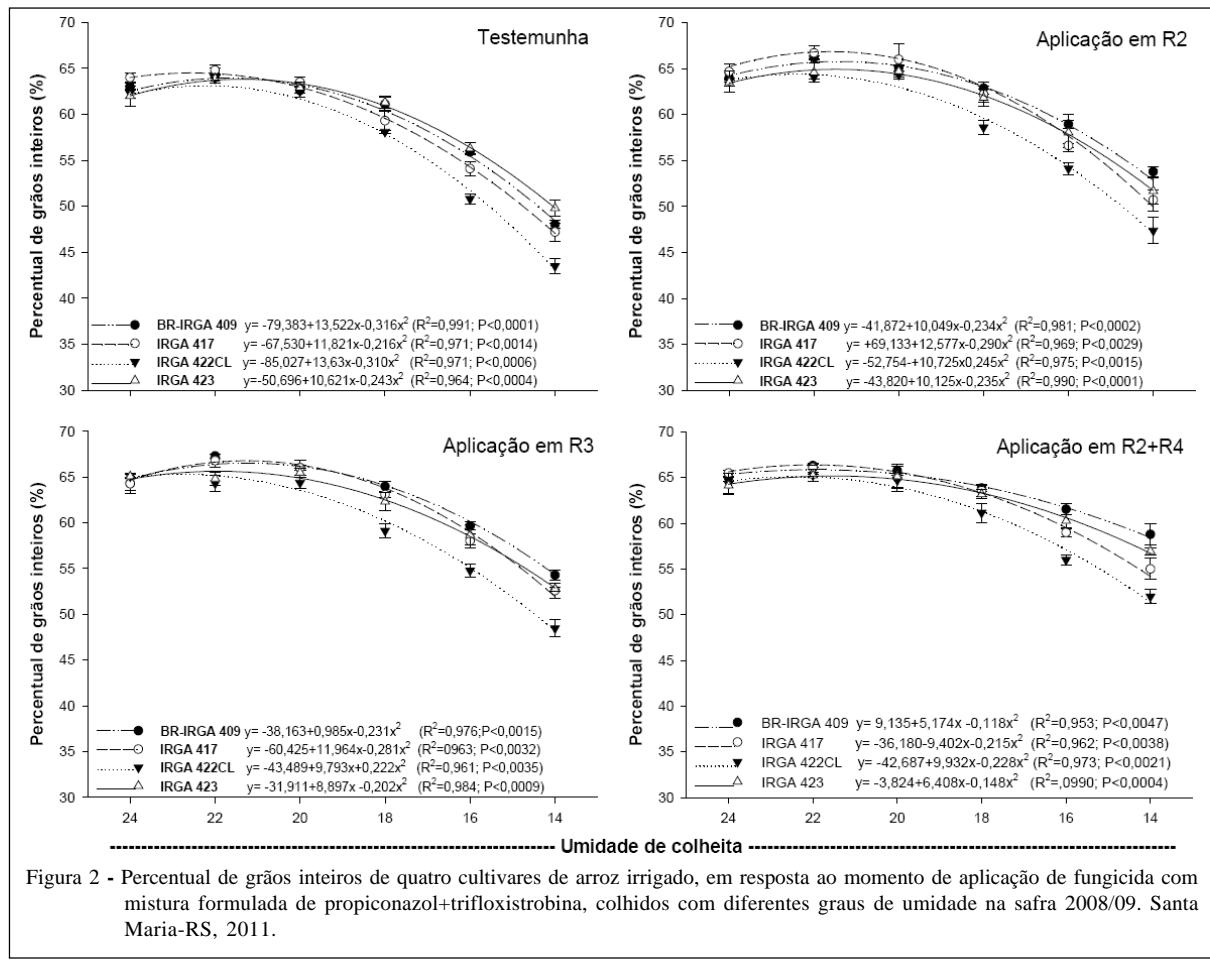


Figura 2 - Percentual de grãos inteiros de quatro cultivares de arroz irrigado, em resposta ao momento de aplicação de fungicida com mistura formulada de propiconazol+trifloxistrobina, colhidos com diferentes graus de umidade na safra 2008/09. Santa Maria-RS, 2011.

a 20%, com elevado percentual de grãos inteiros. No entanto, a realização de uma ou duas aplicações de fungicida proporcionou maior percentual de grãos inteiros, quando comparado à testemunha para as colheitas realizadas com o grau de umidade inferior a 20%. Duas aplicações (no estádio R₂+R₄) resultaram num acréscimo, em média, de 16,4% no percentual de grãos inteiros, quando comparados com a testemunha, para colheita realizada com 14% de umidade dos grãos, em função da severidade de doenças foliares. Além disso, duas aplicações de fungicidas em colheitas, realizadas com grãos colhidos com umidade abaixo de 18%, auxiliaram na manutenção do percentual de grãos inteiros, quando comparado com o uso de uma aplicação de fungicida.

De modo geral, nas duas safras agrícolas (2007/08 e 2008/09), a aplicação de fungicida não influenciou no percentual de grãos inteiros para colheitas realizadas com grau de umidade médio entre 24 a 20% (Figura 3).

Com relação às colheitas realizadas com grau de umidade médio entre 18 e 16%, o uso de uma ou

duas aplicações de fungicida refletiu positivamente no percentual de grãos inteiros comparado à testemunha, não havendo diferença quanto ao momento da aplicação do fungicida. Para a colheita dos grãos, realizada com grau de umidade média de 14%, o uso de duas aplicações de fungicidas proporcionou maior percentual de grãos inteiros em relação à uma aplicação, independente do estádio de desenvolvimento das plantas e, em comparação à testemunha (sem aplicação), houve um acréscimo de 15% do percentual em função de duas aplicações de fungicida. O uso de fungicida se faz importante em condições adversas à cultura, como elevada severidade de doenças foliares que resultam em senescência precoce e reduzem a atividade fotossintética da planta, podendo interferir no percentual de grãos inteiros (GROTH & BOND, 2007).

Os resultados permitem enfatizar que o atraso da colheita do arroz irrigado causa impactos negativos no percentual de grãos inteiros, sendo importante planejar as operações para realizar a colheita do arroz com grau de umidade que permita elevado percentual de grãos inteiros.

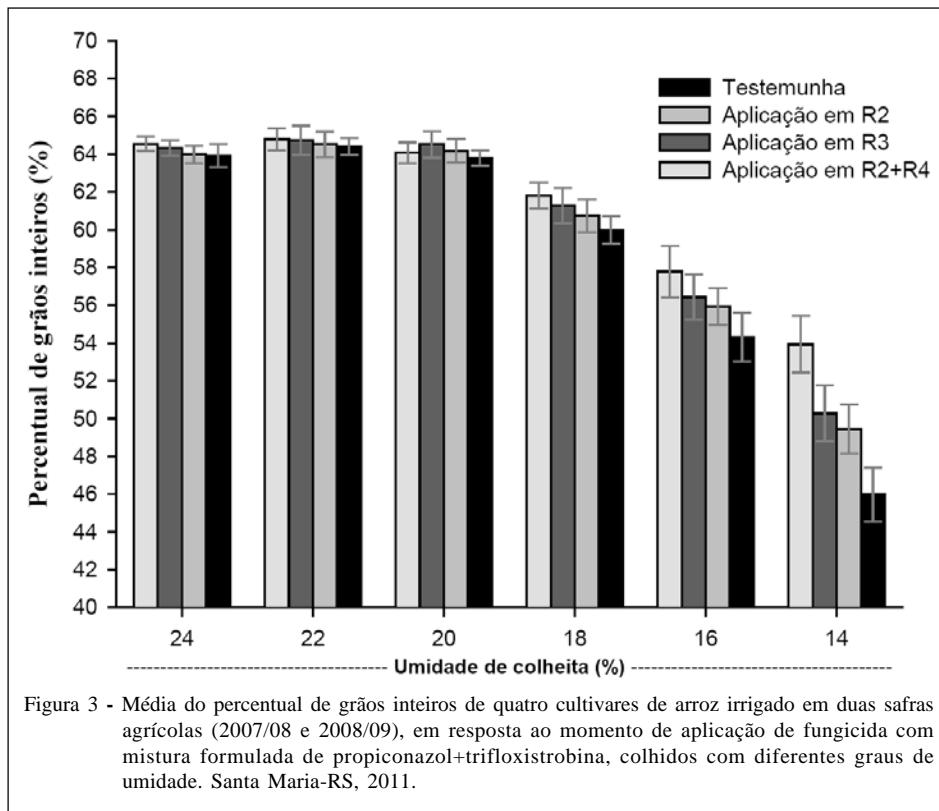


Figura 3 - Média do percentual de grãos inteiros de quatro cultivares de arroz irrigado em duas safras agrícolas (2007/08 e 2008/09), em resposta ao momento de aplicação de fungicida com mistura formulada de propiconazol+trifloxistrobina, colhidos com diferentes graus de umidade. Santa Maria-RS, 2011.

CONCLUSÃO

O uso de fungicida não influencia no percentual de grãos inteiros do arroz quando a colheita é realizada com grau de umidade médio dos grãos entre 24 a 20%. O percentual de grãos inteiros é reduzido quando o arroz é colhido com grau de umidade médio dos grãos inferior a 20%, independentemente do uso de fungicida. As cultivares de arroz respondem de forma diferenciada em relação ao percentual de grãos inteiros, sendo que para a 'IRGA 422CL' há maior redução quando a colheita é realizada com umidade abaixo de 20%.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro e pelas bolsas de estudo e produtividade aos pesquisadores Teló, Marchesan, Ferreira e Lúcio. Aos integrantes do Grupo de Pesquisa em Arroz e Uso Alternativo de Várzea da UFSM.

REFERÊNCIAS

BINOTTI, F.F.S. et al. Momento de colheita e períodos de armazenamento no rendimento industrial e na qualidade

fisiológica do arroz de terras altas. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v.29, n.2, p.219-226, 2007. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/viewArticle/255>>. Acesso em: 05 mar. 2011. doi: 10.4025/actasciagron.v29i2.255.

COUNCE, P.A. et al. A uniform, objective and adaptive system for expressing rice development. *Crop Science*, Madison, v.40, n.2, p.436-443, 2000. Disponível em: <<http://cses.uark.edu/1815.htm>>. Acesso em: 28 nov. 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: Embrapa Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FONSECA, J.R. et al. Ponto de colheita dos cultivares de arroz de terras altas BRS Liderança, BRS Talento e BRS MG Curinga. *Revista Ceres*, Viçosa, v.296, n.51, p.535-540, 2004.

GROTH, D.E. Azoxystrobin rate and timing effects on rice sheath blight incidence and severity and rice grain and milling yields. *Plant Disease*, Saint Paul, v.89, n.11, p.1171-1174, 2005. Disponível em: <apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PD-89-1171>. Acesso em: 14 mar. 2011. doi: 10.1094/PD-89-1171.

GROTH, D.E.; BOND, J.A. Effects of cultivars and fungicides on rice sheath blight, yield, and quality. *Plant Disease*, Saint Paul, v.91, n.12, p.1647-1650, 2007. Disponível em: <apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS-91-12-1647>. Acesso em: 14 mar. 2011. doi: 10.1094/PDIS-91-12-1647.

KUNZE, O.R.; PRASAD, D. Grain fissure in potentials in harvesting and drying of rice. **Transactions of ASAE**, Miami, n.21, p.361-366, 1978.

KUNZE, O.R. Influencia de la absorción de humedad en la calidad de moliuración del arroz cascara. **Noticiário de la Comisión Internacional del Arroz**, Rome, v.35, n.2, p.1-3, 1986.

KUNZE, O.R. et al. Fissured rice related to grain moisture weather and fertilization rates. In: INTERNATIONAL WINTER MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, 1988, St. Joseph. **Proceedings...** St. Joseph: American Society of Engineers, 1988. 14p.

MARCHEZAN, E. et al. Relações entre época de colheita e rendimento de grãos inteiros de cultivares de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.7, p.843-848, 1993.

MARCHEZAN, E. Efeito de elementos meteorológicos na época de colheita sobre a quantidade de grãos inteiros em arroz. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, n.2, p.191-195, 1995. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-8478199500020001&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 14 mar. 2011. doi: 10.1590/S0103-8478199500020001.

MOHAMMED, A.R.; TARPLEY, L. Effects of night temperature, spikelet position and salicylic acid on yield and yield-related parameters of rice (*Oryza sativa* L.) plants.

European Journal of Agronomy, Amsterdam, v.33, n.2, p.117-123, 2010. Disponível em: <[http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-037X.2010.00439.x](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-037X.2010.00439.x/pdf)>. Acesso em: 14 mar. 2011. doi:10.1111/j.1439-037X.2010.00439.x.

RIBEIRO, G.J. et al. Efeitos do atraso na colheita e do período de armazenamento sobre o rendimento de grãos inteiros de arroz de terras altas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.5, p.1021-1030, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-7054200400050008&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 14 mar. 2011. doi: 10.1590/S1413-7054200400050008.

SOFIATTI, V. et al. Efeitos de regulador de crescimento, controle de doenças e densidade de semeadura na qualidade industrial de grãos de arroz. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.2, p.418-423, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782006000200010&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 14 mar. 2011. doi: 10.1590/S0103-84782006000200010.

SMIDERLE, O.J. et al. Épocas de colheita e qualidade fisiológica das sementes de arroz irrigado cultivar BRS 7 Taim, em Roraima. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.30, n.1, p.74-80, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222008000100010&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 18 mar. 2011. doi: 10.1590/S0101-31222008000100010.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Pelotas-RS: SOSBAI, 2007. 161p.

EFEITO DA APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO E FUNGICIDA NO ESTÁDIO DE EMBORRACHAMENTO DO ARROZ NA DURAÇÃO E TAXA DE ACÚMULO DE MASSA SECA DOS GRÃOS

EFFECT OF NITROGEN AND FUNGICIDE APPLICATION DURING THE BOOTING STAGE OF RICE ON DURATION AND RATE OF DRY MASS ACCUMULATION OF GRAINS

Edinalvo Rabaioli Camargo¹, Enio Marchesan^{2*}, Tiago Luis Rossato³, Mara Grohs³, Gerson Meneghetti Sarzi Sartori³, Rafael Bruck Ferreira³.

RESUMO

O acúmulo de massa seca nos grãos de arroz ocorre concomitantemente com o declínio fotossintético associado à senescência foliar, que pode ser antecipada, dentre outras causas, pela deficiência de nitrogênio e/ou pela ocorrência de patógenos foliares. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito da aplicação de nitrogênio e de fungicida no estádio de emborrachamento, na duração e na taxa de acúmulo de massa seca dos grãos durante o período de enchimento. O experimento foi conduzido em área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, RS. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos, arranjados em esquema fatorial, constituíram-se de três doses de nitrogênio (50, 100 e 150 kg ha⁻¹) e práticas de manejo conduzidas durante o estádio de emborrachamento (aplicação suplementar de 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio, pulverização com fungicida, combinação das práticas anteriores e tratamento testemunha). A severidade média de doenças foliares foi de 0,2 e 1,2% no estádio R6 e R8, respectivamente. A evolução e a taxa de acúmulo de massa nos grãos não foram influenciadas pelas doses de nitrogênio e/ou pelas práticas de manejo conduzidas durante o estádio de emborrachamento. O período de enchimento de grãos foi de 31 dias e o acúmulo diário de massa seca na panícula atingiu as maiores taxas entre cinco e 15 dias após a antese.

Palavras-chave: deficiência de nitrogênio, doenças foliares, órgãos de reserva, *Oryza sativa* L.

¹Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agronomia, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Department of Soil and Crop Sciences, Texas A&M University, College Station, TX, USA. Bolsista de Doutorado Pleno do Exterior pelo CNPq.

²Engenheiro Agrônomo, Pós-Doutor em Agronomia, Professor Titular do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS. Pesquisador CNPq. Autor para correspondência - emarchezan@terra.com.br

³Acadêmico do curso de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, CCR, UFSM

ABSTRACT

Accumulation of dry mass in rice grains occurs simultaneously with decline of photosynthetic activity due to foliar senescence. Nitrogen deficiency and/or occurrence of foliar pathogens can anticipate foliar senescence in rice plants. The objective of this experiment was to evaluate the effect of the nitrogen and fungicide applications on booting stage in order to verify the duration and the rate of dry mass accumulation during the grain filling. The experiment was carried out in Santa Maria-RS, Brazil. The treatments were arranged in a randomized complete block design, in a factorial scheme with four replications. The treatments were three nitrogen rates (50, 100 and 150 kg ha⁻¹) and management practices applied at booting stage (supplementary application of 30 kg ha⁻¹ nitrogen, fungicide application, combination of the previous treatments, and check treatment). The average severity of foliar diseases was 0.2 and 1.2% in stage R6 and R8, respectively. Evolution and rate of dry mass accumulation in grains were not affected by nitrogen rates or by management practices applied at booting stage. The grain filling period was 31 days and the daily dry mass accumulation in grains reached the highest rates from five to 15 days after anthesis.

Key words: nitrogen deficiency, foliar diseases, storage organs, *Oryza sativa* L.

INTRODUÇÃO

O acúmulo de massa seca nos grãos é uma

importante etapa para formação da produtividade dos cultivos agrícolas (COSTA et al., 1991). No entanto, a fase que condiciona o efetivo acúmulo de massa seca nos órgãos de reserva ocorre concomitantemente com o declínio fotossintético associado à senescência foliar. Na cultura do arroz irrigado, o atrasado da senescência foliar e a manutenção de taxas fotossintéticas elevadas durante o período de enchimento de grãos têm sido características associadas ao aumento do potencial produtivo (OOKAWA et al., 2004; TAKAI et al., 2006).

Em condições de cultivo, a senescência foliar pode ser antecipada, dentre outros fatores, em função de deficiências nutricionais associadas ao nitrogênio e/ou pela ocorrência de patógenos foliares. Neste sentido, a adoção de práticas de manejo que relacionem a nutrição e a sanidade da cultura do arroz irrigado, como forma de manter a área foliar fotossinteticamente ativa por mais tempo ao final do ciclo do cultivo, pode propiciar maior produção de fotoassimilados com reflexos no período e na taxa de enchimento de grãos.

A manutenção da atividade fotossintética durante o período de enchimento de grãos possui estreita relação com o conteúdo de nitrogênio. OOKAWA et al. (2003) em estudo comparativo entre dois genótipos de arroz, demonstraram que a permanência de alto conteúdo de nitrogênio nas folhas em um dos genótipos resultou em manutenção de taxa fotossintética mais elevada durante o enchimento de grãos. Os autores observaram ainda que a manutenção de níveis elevados de nitrogênio nas folhas pode ser obtida com aplicação adicional de fertilizante nitrogenado.

Para o completo enchimento, os grãos necessitam do carbono da fotossíntese e do nitrogênio absorvido pelas raízes e remobilizado pelas folhas (POMMEL et al., 2006). No entanto, como a maior parte do nitrogênio foliar encontra-se nos cloroplastos, existe um conflito potencial entre a manutenção da demanda fotossintética e o desdobramento das proteínas fotossintéticas em aminoácidos para translocação (MURCHIE et al., 2002). Desta forma, o manejo da adubação nitrogenada, com a aplicação suplementar de nitrogênio durante o estádio de embrorrachamento, pode alterar o desempenho fotossintético da planta durante o enchimento, refletindo na duração e na taxa de acúmulo de massa seca nos grãos.

Para GELANG et al. (2000) a duração do enchimento de grãos é dependente da duração da área foliar verde. Assim, a sanidade de plantas torna-se um aspecto de manejo a ser considerado, tendo em vista que a maioria dos patógenos instala-se na cultura do arroz irrigado durante a fase reprodutiva. As doenças fúngicas da parte aérea diminuem a área foliar e, consequentemente, a capacidade de produção de fotoassimilados (BETHENOD et al., 2005)

interferindo no enchimento de grãos. DIMMOCK & GOODING (2002) estudando o efeito de fungicidas na taxa e duração do enchimento de grãos em trigo, demonstram que o controle de doenças refletiu na duração da área verde da folha bandeira e ampliou o período de enchimento de grãos. Assim, a aplicação de fungicidas, pode influenciar na taxa de acúmulo de massa seca na panícula, afetando o enchimento das espiguetas fecundadas.

A taxa e a duração do período de enchimento de grãos, fatores determinantes para a produção de grãos em cereais (YANG et al., 2008), são dependentes da taxa e duração da produção de fotoassimilados (GELANG et al., 2000). Para tal, a utilização de práticas de manejo que promovam a manutenção da área foliar fotossinteticamente ativa por mais tempo, deve proporcionar condições para que a duração do período de enchimento de grãos seja maior. De outro lado, se não houver fatores restritivos, o contínuo acúmulo de massa seca permitirá o pleno enchimento dos grãos. Em visto do exposto, o presente estudo tem por objetivo avaliar o efeito da aplicação de nitrogênio e de fungicida no estádio de embrorrachamento na duração e na taxa de acúmulo de massa seca durante o período de enchimento de grãos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante o ano agrícola de 2005/06, no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, em Planossolo Háplico eutrófico arênico (EMBRAPA, 2006), com as seguintes características físico-químicas: argila= 34%; $\text{pH}_{\text{água}(1:1)}= 5,7$; $\text{P}= 9,3 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{K}= 52 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Ca}= 7,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg}= 3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $\text{M.O.}= 2,5 \%$. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições. O experimento foi arranjado em esquema fatorial, combinando três doses de nitrogênio (fator A) e práticas de manejo conduzidas no estádio de embrorrachamento (fator D), caracterizado como R2 segundo escala de Counce et al. (2000).

O preparo do solo para implantação da cultura foi realizado com gradagens e posterior aplainamento superficial do terreno, sendo a semeadura realizada em 03 de novembro de 2005, utilizando-se 110 kg ha^{-1} de sementes da cultivar IRGA 417, tratada com inseticida tiameboxan. As adubações fosfatada e potássica foram procedidas com a distribuição na linha de semeadura de 45 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 90 kg ha^{-1} de K_2O , correspondente à aplicação de 300 kg ha^{-1} de 0-15-30. A emergência das plântulas ocorreu 12 dias após a semeadura. O controle das plantas daninhas, a primeira aplicação do fertilizante nitrogenado e o estabelecimento da irrigação definitiva foram realizados aos 15 dias após a emergência (DAE).

As doses de nitrogênio que constituíram o fator A (50, 100 e 150 kg ha⁻¹) foram manejadas de modo que uma parte da quantidade total foi aplicada no início do perfilhamento. Nesta ocasião, as quantidades do fertilizante foram variadas entre os níveis do fator, aplicando-se 20, 70 e 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio em solo não-inundado. Na iniciação da panícula, estádio R0 aplicou-se os 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio restante.

As práticas de manejo conduzidas no estádio de emborrachamento (R2) constaram da aplicação suplementar de 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio, da pulverização com fungicida, da combinação dos manejos anteriores, além de um tratamento testemunha. A aplicação do nitrogênio suplementar foi executada aos 74 DAE, imediatamente após a emissão completa da folha bandeira, que caracteriza o início do estádio R2. A aplicação do fungicida foi conduzida aos 78 DAE, quando as plantas de arroz encontravam-se no final do estádio R2, realizando a pulverização da mistura formulada de propiconazol + trifloxistrobina, na dose de 93,75 + 93,75 g ha⁻¹, respectivamente. A pulverização foi realizada com equipamento costal pressurizado a CO₂, utilizando-se 200 L ha⁻¹ de calda. Os demais tratos culturais foram conduzidos conforme a recomendação técnica para a cultura (SOSBAI, 2005).

Os estádios de desenvolvimento foram determinados seguindo a escala de COUNCE et al. (2000), utilizando-se três plantas identificadas com arame colorido e executando-se verificações semanais no colmo principal. Por ocasião da antese (estádio R4, 83 DAE), determinada quando mais de 50% das plantas avaliadas haviam atingido o estádio estabelecido, foram marcadas 100 panículas em cada parcela experimental, que passaram a ser coletadas em intervalos de cinco dias, sendo a primeira coleta realizada na data de marcação. Para o acompanhamento do enchimento de grãos, foram coletadas 10 panículas em cada intervalo de tempo. Após secagem em estufa de ar forçado a 65°C, todas as espiguetas foram separadas das ramificações e as amostras foram pesadas em balança de precisão.

A duração do período de enchimento de grãos foi estimada por meio do ajuste de equações polinomiais. Desta forma, a duração do enchimento de grãos foi determinada como sendo o intervalo de dias entre a antese e a constatação do acúmulo máximo de massa seca nas panículas (maturação fisiológica). A taxa de acúmulo de massa seca nos grãos foi calculada, considerando o subperíodo entre duas coletas consecutivas, através da seguinte equação: $\Delta MS = [(MS_{n+1}) - MS_n] / 5$, onde ΔMS é a taxa de acúmulo em g panícula⁻¹ dia⁻¹ para cada subperíodo, MS_{n+1} é a massa seca acumulada na última coleta do subperíodo e MS_n é a massa seca acumulada na primeira coleta do subperíodo.

Determinou-se também a senescência foliar através da observação visual das plantas na área da

parcela. Para tanto, utilizou-se uma escala de 0 a 100, que corresponde à porcentagem de folhas totalmente verdes e totalmente senescentes (cloróticas), respectivamente (CARLESSO et al., 1998). A avaliação da severidade de doenças foliares também foi feita por meio de observações visuais, estimando-se porcentualmente a área foliar atacada. Amostras da folha bandeira foram coletadas para determinação dos teores nitrogênio. Após secagem em estufa de ar forçado a 65°C as folhas amostradas foram moídas e o teor de nitrogênio foi determinado seguindo metodologia de digestão ácida descrita por TEDESCO et al. (1995).

Os parâmetros avaliados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Para os dados de evolução do enchimento de grãos, a análise de variância foi realizada considerando a subdivisão das parcelas no tempo em função dos intervalos de coletas. Para os resultados de taxa de acúmulo de massa seca, a análise de variância foi realizada para cada subperíodo. Os dados de taxa de acúmulo de massa seca, severidade de doenças, senescência foliar e teor de nitrogênio foram transformados usando raiz quadrada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os dados de evolução de massa seca na panícula, não foi verificada interação entre os fatores considerados na análise de variância. Da mesma forma, esta variável não foi influenciada pelas doses de nitrogênio e/ou pelas práticas de manejo conduzidas durante o estádio de emborrachamento, permitindo o ajuste do conjunto de dados em uma única função (Figura 1). Observa-se que a equação polinomial de terceiro grau foi a que melhor ajustou-se ao padrão de acúmulo de massa seca na panícula, concordando com resultados obtidos por MÉNDEZ et al. (2003), estudando o comportamento do enchimento de grãos em genótipos de arroz no Uruguai.

O período de enchimento de grãos estimado através da equação de ajuste foi de 31 dias a partir da antese, quatro dias antes da colheita, quando a massa seca das espiguetas atingiu 2,50 g panícula⁻¹. Desta forma, a duração do período de enchimento de grãos, que tem sido considerado um aspecto determinante para o acúmulo diferenciado de massa seca dos grãos na panícula (GELANG et al., 2000; DIMMOCK & GOODING, 2002), não foi influenciada pelas doses de nitrogênio e pela aplicação de fungicida e nitrogênio durante o estádio de emborrachamento.

Com isso, para as condições do presente estudo, observa-se que os componentes da produtividade relacionados com o acúmulo de massa seca na panícula (número de grãos por panícula, massa de mil grãos e esterilidade de espiguetas) não foram

influenciados pela aplicação dos tratamentos e não contribuíram para a produção diferenciada de massa seca na panícula. GELANG et al. (2000) demonstram que a menor duração da área da folha bandeira e do período de enchimento de grãos, resultam na obtenção de grãos com menor massa. No entanto, como não houve diferença de produção na panícula entre os tratamentos, pode-se assumir que não houve

limitação para o efetivo enchimento dos drenos formados, mesmo no tratamento com o menor aporte de fertilizante nitrogenado ao longo do ciclo da planta (50 kg ha^{-1}). BAHLOULI et al. (2008) relatam que os carboidratos acumulados anteriormente à antese podem contribuir com 13 a 70% da produtividade de grãos.

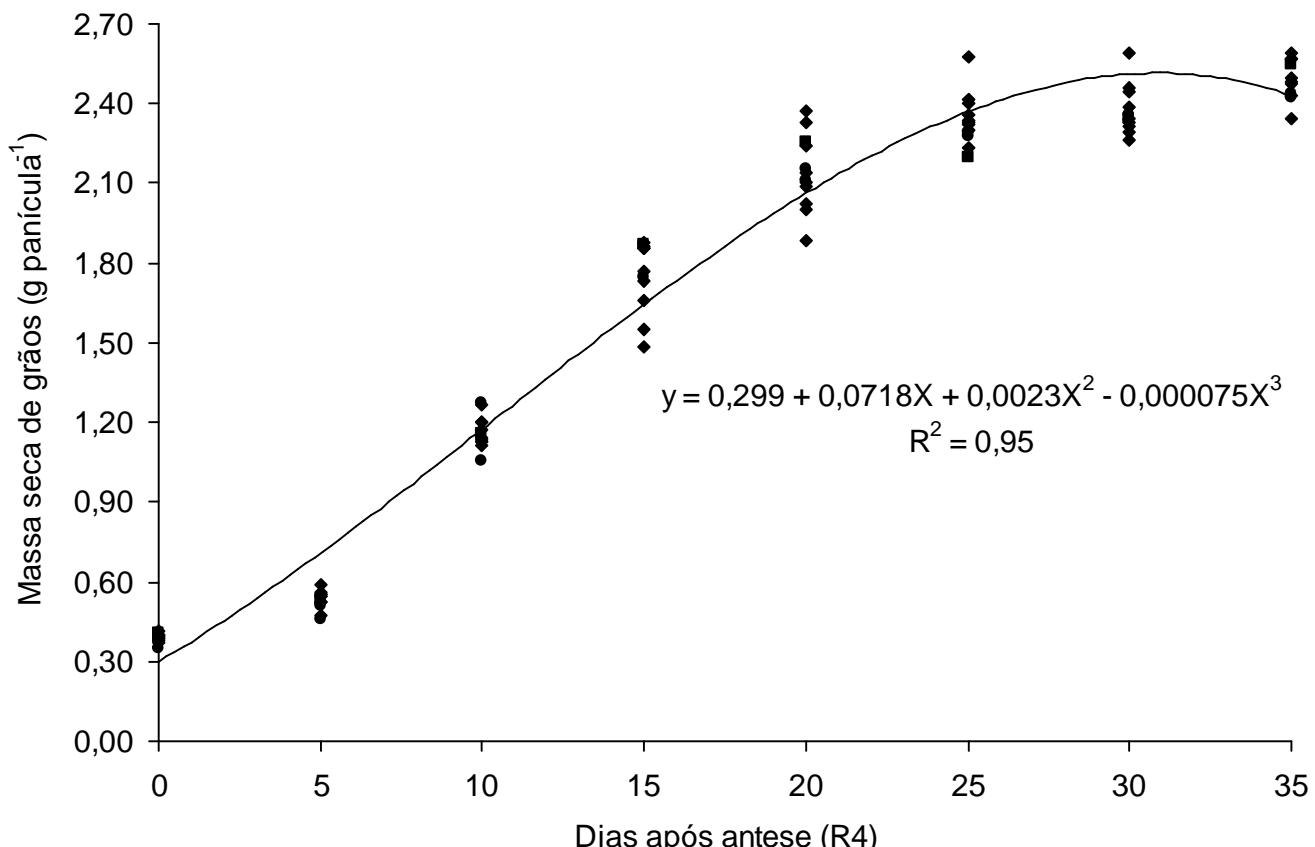


Figura 1 - Evolução da massa seca dos grãos da panícula após a antese (estádio R4) em resposta média a doses de nitrogênio e a aplicação de fungicida e nitrogênio durante o estádio de emborrachamento da cultura do arroz irrigado, cultivar IRGA 417. Santa Maria, RS.

A porcentagem de folhas senescentes aumentou durante o período de enchimento de grãos, sendo que os valores médios situavam-se em 8% no estádio R6 (elongação de pelo menos uma cariopse até a extremidade da casca) e atingiram 37% em R8 (formação de grãos com casca da cor da variedade) (Tabela 1). Este é um comportamento natural durante o período de enchimento de grãos, decorrente da impossibilidade de formação de folhas novas e da

necessidade de remobilização de nitrogênio, que aceleram a senescência foliar e resultam no decréscimo da atividade fotossintética (MAE, 1997; OOKAWA et al., 2003). Apesar da senescência foliar ter sido retardada com o aumento das doses de nitrogênio, em avaliação realizada 22 dias após a antese (R8), destaca-se que este efeito diferencial verificado no terço final do período de enchimento não foi refletido no acúmulo de massa seca nos grãos.

Tabela 1 - Senescência e severidade de doenças foliares aos 90 (R6) e 105 (R8) dias após a emergência (DAE) e teor de nitrogênio aos 73 (R2) e 98 (R7) DAE, em resposta a doses de nitrogênio e a distintos manejos aplicados durante o estádio de embrorrachamento da cultura do arroz irrigado, cultivar IRGA 417. Santa Maria, RS.

Doses de nitrogênio	Senescência (%)		Severidade (%)		Teor de nitrogênio (%)	
	R6 ⁽¹⁾	R8 ⁽¹⁾	R6	R8	R2 ⁽¹⁾	R7 ⁽¹⁾
50 kg ha ⁻¹	7 ^{ns}	44 a ⁽²⁾	0,1 b	1,3 ^{ns}	2,6 ^{ns}	2,0 ^{ns}
100 kg ha ⁻¹	9	38 b	0,1 b	1,2	2,6	2,1
150 kg ha ⁻¹	8	30 c	0,3 a	1,0	2,6	2,1
Manejo em R2 ⁽¹⁾						
Testemunha	7 ^{ns}	39 ^{ns}	0,3 a	1,7 a	--	2,0 ^{ns}
Fungicida (F)	7	39	0,1 ab	0,8 b	--	2,0
N suplementar (N)	9	37	0,2 ab	1,5 ab	--	2,1
F + N	9	35	0,0 b	0,8 b	--	2,2
Média	8	37	0,2	1,2	2,6	2,1
CV (%)	19,8	7,8	15,3	18,4	4,5	5,7

⁽¹⁾ Estágio de desenvolvimento segundo escala proposta por COUNCE et al. (2000).

^{ns} Teste F não significativo ($P \geq 0,05$).

⁽²⁾ Médias não seguidas pela mesma letra diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P \geq 0,05$).

-- Coleta realizada antes da aplicação dos tratamentos em R2.

A ocorrência de radiação solar acima da normal durante o ciclo de cultivo (dados não mostrados), propiciou condições energéticas para a plena atividade fotossintética, condicionando o aproveitamento do fertilizante nitrogenado pela planta. Assim, a translocação do nitrogênio armazenado nas folhas e colmos até a antese (NTANOS & KOUTROBAS, 2002) e a partição das folhas mais velhas para as mais novas (KAMACHI et al., 1991), a fim de suprir a atividade metabólica, pode ter contribuído para o pleno enchimento dos grãos em todos os tratamentos. Os resultados de teor de nitrogênio na folha bandeira corroboram neste sentido, uma vez que os teores analisados no estádio R2 e R7 não foram influenciados pelos tratamentos. Isto indica a semelhante capacidade da folha bandeira de suprir a demanda dos grãos formados. Ressalta-se que esta é a folha mais jovem e mais próxima aos drenos, e, portanto, com maior atividade metabólica e contribuição para com o enchimento de grãos (KUMAGAI et al., 2009).

A ausência de resposta da aplicação de fungicida na duração do período de enchimento dos grãos relaciona-se à baixa severidade de doenças foliares observada, com média de 0,2 e 1,2% em avaliação visual realizada no estádio R6 e R8, respectivamente. Desta forma, a ocorrência exclusiva de mancha parda (*Bipolaris oryzae*), foi insuficiente para causar prejuízos à área foliar e à duração do enchimento de

grãos, apesar de ter sido influenciada pelos tratamentos, especialmente pela aplicação de fungicida. No entanto, em condições ambientais favoráveis ao patógeno, o uso de fungicida aumenta a duração da área foliar e do período de enchimento de grãos e a produtividade, conforme demonstraram DIMMOCK & GOODING (2002) na cultura do trigo. RUSKE et al. (2003) relatam ainda que o aumento da duração da área da folha bandeira pelo tratamento fúngico incrementa a quantidade de nitrogênio na biomassa vegetal, decorrente da melhor absorção do solo.

A taxa de acúmulo de massa seca dos grãos na panícula igualmente não foi influenciada pelos tratamentos aplicados em nenhum dos subperíodos considerados (Figura 2). Observa-se que durante o período de enchimento de grãos, a taxa de acúmulo de massa seca para a cultivar IRGA 417 variou entre os subperíodos, indicando ser inadequada à utilização de coeficientes angulares ou taxas constantes em estudos que considerem este parâmetro para avaliação, uma vez que estes não consideram a taxa variável apresentada entre os subperíodos. De forma geral, a taxa de acúmulo de massa seca foi inferior no primeiro subperíodo, aumentou nos subperíodos subseqüentes e reduziu novamente no período final do enchimento de grãos, resultados que assemelham-se aos obtidos por MÉNDEZ et al. (2003).

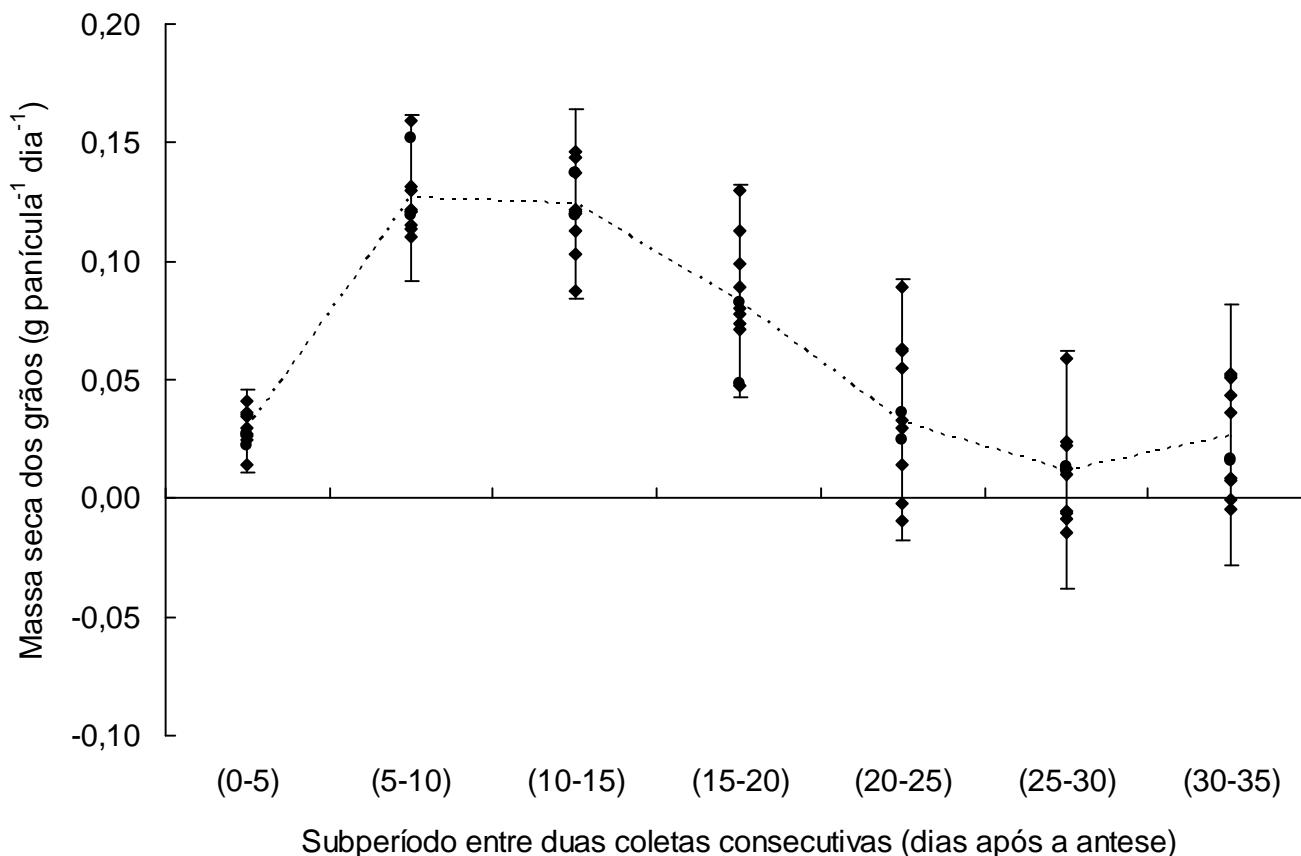


Figura 2 - Taxa de acúmulo de massa seca nos grãos da panícula para o intervalo entre duas coletas em resposta a doses de nitrogênio e a aplicação fungicida e nitrogênio no estádio de emborrachamento da cultura do arroz irrigado, cultivar IRGA 417. Linha descontinua representa a média dos tratamentos e barras verticais a diferença mínima significativa pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Santa Maria, RS.

Apesar das espiguetas não terem sido categorizadas por ocasião da pesagem das amostras, não sendo possível distinguir aquelas posicionadas na parte superior ou inferior da panícula, o reduzido acúmulo de massa nos primeiros cinco dias após a antese relaciona-se com o estádio fenológico descrito por ocasião da avaliação. Nesse momento, as plantas encontram-se com pelo menos uma cariopse da panícula alongando até a extremidade da casca (R5), o que caracteriza o início do acúmulo de massa seca na panícula e, portanto, justificando a reduzida taxa diária.

Os picos de acúmulo de massa seca na panícula foram observados no segundo e terceiro subperíodo, ou seja, entre cinco e 15 dias após a antese, quando a taxa de acúmulo diária atingiu $0,13 \text{ g panícula}^{-1}$. Desta forma, somente nos 10 dias referentes aos dois subperíodos, aproximadamente 50% do acúmulo máximo de massa seca na panícula foi atingido indicando ser uma fase relevante para o pleno enchimento dos grãos de arroz. MURCHIE et al. (2002), estudando diferentes variedades, demonstram que uma fase de rápido enchimento de grãos ocorre

aproximadamente aos 10 dias após o florescimento, corroborando com os resultados obtidos no presente estudo com a cultivar IRGA 417. Para a taxa de acúmulo de massa seca, trabalhos realizados com outras culturas não observaram diferenças entre genótipos (AUDE et al., 1994), ou mesmo entre tratamentos com senescência antecipada da folha bandeira (GELANG et al., 2000).

CONCLUSÃO

O período de enchimento de grãos e a taxa de acúmulo de massa seca nas espiguetas não são influenciados pela aplicação de nitrogênio e fungicida no estádio de emborrachamento, em condição não limitante de doenças, nitrogênio e radiação solar.

O período de enchimento de grãos é de 31 dias para a cultivar IRGA 417 e a taxa de acúmulo de massa seca às espiguetas atinge as maiores taxas entre cinco e 15 dias após a antese.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e ao Fundo de Incentivo a Pesquisa (FIP) pelo suporte financeiro e pelas bolsas de pesquisa. Os autores agradecem ainda aos demais integrantes do Grupo de Pesquisa em Arroz e Uso Alternativo de Várzea da UFSM pela assistência durante a realização do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUDE, M.I.S.; MARCHEZAN, E.; MAIRESSE, L.A.S. et al. Taxa de acúmulo de matéria seca e duração do período de enchimento de grão do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, p.1533-1539, 1994.
- BETHENOD, O.; Le CORRE, M.; HUBER, L. et al. Modelling the impact of brown rust on wheat crop photosynthesis after flowering. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.131, p.41-53, 2005.
- CARLESSO, R.; HERNANDEZ, M.G.R.; RIGHES, A.A. et al. Índice de área foliar e altura de plantas de arroz submetidas a diferentes práticas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.3, p.268-272, 1998.
- COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, n.40, p.436-443, 2000.
- DIMMOCK, J.P.R.E.; GOODING, M.J. The effects of fungicide on rate and duration of grain filling in winter wheat in relation to maintenance of flag leaf green area. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.138, p.1-16, 2002.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- GELANG, J.; PLEIJEB, H.; SILD, E. et al. Rate and duration of grain filling in relation to flag leaf senescence and grain yield in spring wheat (*Triticum aestivum*) exposed to different concentrations of ozone. **Physiologia plantarum**, Copenhagen, v.110, p.366-375, 2000.
- KAMACHI, K.; YAMAYA, T.; MAE, T. et al. A role for glutamine synthetase in the remobilization of leaf nitrogen during natural senescence in rice leaves. **Plant Physiology**, Beltsville, v.96, p.411-417, 1991.
- KUMAGAI, E.; ARAKI, T.; KUBOTA, F. Characteristics of gas exchange and chlorophyll fluorescence during senescence of flag leaf in different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars grown under nitrogen-deficient condition. **Plant Production Science**, Shinkawa, v.12, n.3, p.285-292, 2009.
- MAE, T. Physiological nitrogen efficiency in rice: nitrogen utilization, photosynthesis, and yield potential. **Plant and Soil**, The Hague, v.196, p.201-210, 1997.
- MÉNDEZ, R.; ROEL, A.; CASTERÁ, F. Características del llenado de grano para cuatro variedades de arroz en diferentes zonas y épocas de siembra. In: **Internacional Temperate Rice Conference**, 3., 2003, Punta del Este. **Anais...** Punta del Este: INIA, 2003. CD-ROM.
- MURCHIE, E.H.; YANG, J.; HUNNART, S. et al. Are there associations between grain-filling rate and photosynthesis in the flag leaves of field-grown rice? **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.53, n.378, p.2217-2224, 2002.
- NTANOS, D.A.; KOUTROUBAS, S.D. Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.74, p.93-101, 2002.
- OOKAWA, T.; NARUOKA, Y.; SAYAMA, A. et al. Cytokinin effects on ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase and nitrogen partitioning in rice during ripening. **Crop Science**, Madison, v.44, p.2107-2115, 2004.
- OOKAWA, T.; NARUOKA, Y.; YAMAZAKI, T. et al. A comparasion of the accumulation and partitioning of nitrogen in plants between two rice cultivars, Akenohoshi and Nipponbare, at the ripening stage. **Plant Production Science**, Shinkawa, v.6, n.3, p.172-178, 2003.
- POMMEL, B.; GALLAIS, A.; COQUE, M. et al. Carbon and nitrogen allocation and grain filling in three maize hybrids differing in leaf senescence. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.24, p.203-211, 2006.
- RUSKE, R.E.; GOODING, M.J.; JONES, S.A. The effects of triazole and strobilurin fungicide programmes on nitrogen uptake, partitioning, remobilization and grain N accumulation in winter wheat cultivars. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.140, p.395-407, 2003.
- SOSBAI. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Santa Maria, 2005. 159 p.

CAMARGO et al. Efeito da aplicação de nitrogênio e fungicida no estádio de emborrachamento do arroz na duração...

TAKAI, T.; MATSUURA, S.; NISHIO, T. et al. Rice yield potential is closely related to crop growth rate during late reproductive period. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.96, p.328-335, 2006.

TEDESCO, J.M.; GIANELO, C.; BISSANI, C.A. et al. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de solos, Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5)

YANG, W.; PENG, S.; DIONISIO-SESE; M.L. et al. Grain filling duration, a crucial determinant of genotypic variation of grain yield in field-grown tropical irrigated rice. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.105, p.221-227, 2008.

Teores de macronutrientes em cultivares de arroz irrigado de acordo com a parte da planta analisada e do estádio de desenvolvimento¹

Leandro Souza da Silva², Elisandra Pocojeski³, Carlos Alberto Ceretta², Angela da Cas Bundt⁴,
Simone Kaefer⁵, Enio Marchesan⁶

RESUMO

A análise foliar baseia-se na determinação do teor dos nutrientes no tecido vegetal, durante o cultivo das plantas. Porém, a época recomendada para análise foliar, a do estádio de florescimento, já não permite que sejam realizadas correções de adubação dentro do ciclo de cultivo, gerando, apenas, informação complementar para o próximo cultivo. O objetivo deste trabalho foi verificar a influência do cultivar, da parte coletada da planta e da época de amostragem nos teores dos macronutrientes no tecido foliar da cultura do arroz (*Oryza sativa L.*) irrigado. O experimento foi realizado a campo, utilizando-se cinco cultivares (BR-IRGA 409 e BR-IRGA 410, IRGA 417 e IRGA 421 e EPAGRI 108) e um híbrido e cinco coletas ao longo do ciclo da cultura, tanto da parte aérea da planta como da última folha completamente expandida. Após as coletas, determinaram-se os teores de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) do tecido vegetal. Verificou-se que há maior influência da época de avaliação nos teores de macronutrientes em plantas de arroz irrigado, do que dos cultivares utilizados neste estudo. Além da época de avaliação, também houve influência da parte da planta amostrada, exceto para os teores de P, indicando que, para este nutriente, uma mesma faixa de valores poderia ser considerada adequada. Para a indicação de valores adequados, há necessidade de estudos de calibração e de correlação com a produtividade da cultura, para qualquer um dos nutrientes.

Palavras-chave: análise de tecido vegetal, estado nutricional, manejo da adubação.

ABSTRACT

Macronutrient contents in irrigated rice cultivars as a function of plant parts and development stages

Leaf analysis is based on the determination of the nutrient content in the plant tissue during cultivation. Nevertheless, the recommended period for such analysis (flowering stage) does not allow fertilization corrections to be made within the crop cycle, providing only complementary information for the next crop. This study aimed at verifying the cultivar, part of plant and sampling time influence on the macronutrient contents in the leaf tissue of flooded rice (*Oryza sativa L.*). The field experiment was carried out with five rice cultivars (BR-IRGA 409 and 410, IRGA 417 and 421 and EPAGRI 108) and a hybrid. Moreover, five collections of the plant aerial part and the most recently expanded leaf were carried

Recebido para publicação em 01/07/2010 e aprovado em 30/07/2012.

¹ Parte da dissertação de mestrado do segundo autor, apresentada à Universidade Federal de Santa Maria.

² Engenheiros-Agrônomos, Doutores. Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, 97105-900, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Bolsistas Produtividade em Pesquisa do CNPq. leandrosolos@uol.com.br (autor para correspondência), carlosceretta@gmail.com

³ Engenheira-Agrônoma, Doutora. Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC), Rua Dirceu Giordani, 696, Bairro Jardim Universitário, 89820-000, Xanxeré, Santa Catarina, Brasil. epocojeski@gmail.com

⁴ Engenheira-Agrônoma, Mestre. Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Rua Gomes Carneiro, 01, Centro, Caixa Postal 354, 96010-610, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. angelabundt@hotmail.com

⁵ Engenheira-Agrônoma. Emater, Rua Visconde de Cairú, Nova Califórnia, Porto Velho, Rondônia, Brasil. sikaeffer@hotmail.com

⁶ Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, 97105-900, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Bolsista Produtividade em Pesquisa do CNPq. enio.marchesan@gmail.com

out during the crop cycle. After the collections, the macronutrient content (N, P, K, Ca and Mg) of the plant tissue was determined. There was a higher influence of the evaluation on macronutrient contents in flooded rice plants than in the cultivars used in this study. Besides the evaluation time, there was also influence of the part of the sampled plant, except for P contents, showing that for this nutrient one same value range could be considered adequate. In order to have adequate values, it is necessary to have studies of calibration and correlation with the crop productivity for any of the nutrients.

Key words: plant tissue analysis, nutritional status, fertilization management.

INTRODUÇÃO

A principal ferramenta para a estimativa da disponibilidade de nutrientes para as plantas é a análise de solo. Porém, por causa das alterações provocadas pelo alagamento do solo para o cultivo do arroz irrigado, é difícil estabelecer uma relação entre as análises químicas, antes do alagamento, e a disponibilidade de nutrientes no solo alagado (Vahl & Sousa, 2004), dificultando a interpretação dos resultados. Assim, a análise foliar é uma ferramenta complementar à análise do solo, por permitir a determinação do teor dos nutrientes no tecido vegetal durante o cultivo das plantas (CQFS RS/SC, 2004). Em outras palavras, a diagnose foliar consiste em analisar o solo usando a planta como solução extratora (Malavolta *et al.*, 1997) e, com a análise da planta, é possível identificar corretamente se um dado nutriente está em nível suficiente ou deficiente, naquela época.

A parte da planta requerida para amostragem é de grande importância, pois há diferenças no teor dos nutrientes entre folhas, caules e raízes (Gianello & Bissani, 2004). Entre todos os órgãos da planta (raiz, caule, folhas e frutos), a folha é o que reflete melhor o estado nutricional. A quantidade de nutrientes nela encontrados é consequência do efeito de fatores de solo e planta que atuaram e, às vezes, interagiram entre si, até o momento em que o órgão foi colhido para análise (Malavolta *et al.*, 1997). A amostragem bem feita é tão importante quanto a análise propriamente dita. Na operação de amostragem, é necessário conhecer a parte mais adequada da planta destinada à análise, a idade da planta, a posição das folhas e o número de amostras suficientes para representar uma determinada área (Barbosa Filho *et al.*, 1994). Na maior parte dos casos, a concentração de nutrientes em folhas completamente expandidas de plantas é a melhor indicação do seu estado nutricional, refletindo a condição de fertilidade do solo (CQFS RS/SC, 2004).

A interpretação da análise também é uma etapa crítica do método. A interpretação dos valores analíticos dos componentes vegetais requer a calibração prévia para cada nutriente e cultura, e, em alguns casos, para cada variedade,

de, pois a concentração dos nutrientes varia com a espécie, idade e estádio de desenvolvimento (Gianello & Bissani, 2004), necessitando-se, assim, de amostras padrões em trabalhos de pesquisa. Têm sido relatadas, na literatura, diferenças entre genótipos de arroz irrigado, quanto ao uso eficiente dos nutrientes, dispondo-se de relatos, sobre o K, por Furlani *et al.* (1986); sobre o N, por Fageria *et al.* (1995) e, sobre o P, por Furlani *et al.* (1983). Isso se deve às diferenças nos processos de absorção e de utilização de nutrientes e está relacionado com a mudança nas características morfológicas e fisiológicas das plantas. Com esta, ocorre mudança nos principais mecanismos de absorção e de utilização dos nutrientes (Fageria *et al.*, 2003).

A recomendação de análise foliar para a cultura do arroz irrigado, nos estados do RS e SC, manda coletar 50 folhas bandeira no estádio de florescimento. Essa avaliação é demasiado tardia e não possibilita uma adubação ainda no ciclo de cultivo. Uma adubação no estádio de florescimento não resulta em aumento na produtividade, porque os componentes de grãos já estão definidos. Além disso, também não há menção sobre a necessidade de se considerarem as variedades disponíveis, na interpretação dos teores considerados adequados. Uma possibilidade de melhorar a estimativa do estado nutricional, por meio da análise foliar, para futuras recomendações de adubação, seria coletar amostras de tecido vegetal ainda no estádio vegetativo. Porém, seria necessário que houvesse correspondência de valores, quando comparados com os estabelecidos para a folha bandeira no florescimento, ou novos estudos de calibração para determinar os valores adequados.

A faixa de macronutrientes no tecido vegetal, considerada suficiente pela CQFS RS/SC (2004), para a cultura do arroz irrigado, é: N (2,6-4,2%), P (0,25-0,48%), K (1,5-4,0%), Ca (0,25-0,4%), Mg (0,15-0,30%) e S (0,2-0,3%). Porém, esses valores, indicados como suficientes, foram obtidos da literatura, com grandes variações de local, tipo e manejo do solo, época de coleta das amostras, clima e cultivares, o que justifica a amplitude das faixas apresentadas. O objetivo deste trabalho foi verificar a influência

do cultivar, da parte coletada da planta e da época de amostragem nos teores dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) no tecido foliar da cultura do arroz irrigado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul, de novembro de 2005 a abril de 2006. O solo foi classificado como Planossolo Háplico eutrófico arênico (Embrapa, 2006), cuja análise química apresentou os seguintes resultados: $\text{pH}_{\text{água}} = 4,9$; índice SMP = 5,6; M.O. = 19 g kg⁻¹ (baixo); P = 7,6 mg dm⁻³ (alto); K = 68 mg dm⁻³ (médio); Al = 0,7 cmol_c dm⁻³; Ca = 7,5 cmol_c dm⁻³ (alto); Mg = 2,3 cmol_c dm⁻³ (alto); CTC_{efetiva} = 10,7 cmol_c dm⁻³; CTC_{pH7} = 16,9 cmol_c dm⁻³; saturação por bases = 59%, saturação por Al = 7% e argila = 230 g kg⁻¹, interpretado, entre parênteses, de acordo com CQFS RS/SC (2004).

Cinco cultivares de arroz irrigado foram selecionadas, em função das diferenças de ciclo, em superprecoce (IRGA 421, ciclo = 100 dias); médio (BR-IRGA 409, ciclo = 126 dias; BR-IRGA 410, ciclo = 123 dias; IRGA 417, ciclo = 115 dias); longo (EPAGRI 108, ciclo = 142 dias) mais um material híbrido não comercial (HÍBRIDO 2 – IRGA). A semeadura dos cultivares foi realizada em 13/11/2005, em parcelas com área de 25 m² (5 m x 5 m). O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. A adubação foi realizada aplicando-se 250 kg da fórmula 05-20-30, na semeadura, e 110 kg de N, em cobertura, utilizando-se ureia.

As coletas do tecido vegetal das plantas foram realizadas, em 1^a avaliação, aos 15 dias após a 1^a aplicação de N em cobertura (15 DAAN); em 2^a avaliação, aos 30 dias após a 1^a aplicação de N em cobertura (30 DAAN); em 3^a avaliação, no início da diferenciação do primôrdio floral (R0); em 4^a avaliação, aos 15 dias após R0 (15 R0) e, em 5^a avaliação, no florescimento (FLORESC.). A partir da 3^a avaliação, as determinações seguiram o estádio fenológico da planta para cada cultivar, em razão de os cultivares possuírem ciclos diferentes. Nas amostragens, foram coletadas: (a) toda parte aérea das plantas (0,17 m²) em todas as avaliações e (b) última folha completamente expandida (50 folhas por parcela) na 2^a, 3^a, 4^a e 5^a avaliações. A extração e determinação dos teores de N, P, K, Ca e Mg do tecido vegetal das plantas de arroz foi realizada conforme Tedesco *et al.* (1995), exceto para a determinação do teor de P, sendo utilizada a metodologia descrita por Murphy & Rilley (1962). Para a análise da variância, utilizou-se o software estatístico SOC NTIA/EMBRAPA (Embrapa, 1997). Os efeitos dos fatores cultivar e época de coleta, dentro de cada parte da planta, foram comparados pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diferenças entre cultivares para o teor de N, na parte aérea ocorreram apenas na avaliação realizada no estádio de florescimento e somente para o cultivar IRGA 421, em relação aos demais (Tabela 1). Os teores de N na parte aérea, para todos os cultivares, reduziram-se significativamente, à medida que avançou a época de amostragem. Resultados semelhantes foram obtidos por Fageria *et al.* (2003), para o cultivar Mética 1 de arroz irrigado. Considerando-se esses resultados, para avaliar o teor de N na parte aérea do arroz, deve-se levar em consideração a época da amostragem, pois as diferenças são significativas ao longo do ciclo.

Quando foi utilizada somente a última folha completamente expandida, foram detectadas diferenças entre os cultivares em R0 e nas demais avaliações a partir desta, mas com menor interferência das épocas de avaliação (Tabela 2), quando comparado com a utilização de toda a parte aérea das plantas. Diferenças significativas entre as épocas de avaliação somente foram observadas para o cultivar EPAGRI 108 e para o HÍBRIDO 2. Em geral, maior valor de N no tecido vegetal foi verificado com a última folha completamente expandida e, menor, para a parte aérea, já que nesta são incluídos colmos e algumas folhas em senescência, diluindo o teor de N total da planta.

Na amostragem realizada no estádio de florescimento, com a última folha completamente expandida (folha bandeira), o cultivar EPAGRI 108 apresentou o menor valor de N no tecido vegetal. Este comportamento pode ser relacionado com o fato de que este cultivar possui ciclo mais longo que os demais, com maior crescimento e, portanto, maior diluição do teor de N no tecido vegetal. Isso remete a um cuidado maior na interpretação dos resultados da análise de tecido entre cultivares, pois, o teor de N encontrado neste cultivar foi menor do que o mínimo considerado como suficiente pela CQFS RS/SC (2004), que é de 2,6% de N, para a mesma época e folha amostrada. Porém, este cultivar apresentou rendimento de 7,9 Mg ha⁻¹ (igual ou superior ao das demais cultivares), indicando que a cultura poderia estar com níveis suficientes para sua produção.

O teor de P no tecido vegetal variou pouco entre cultivares e épocas de avaliação, tanto para a parte aérea quanto para a última folha completamente expandida (Tabelas 1 e 2). Em contraste, Fageria *et al.* (2003), utilizando o cultivar de arroz irrigado JAVAÉ, encontraram diminuição nos teores de P na parte aérea, ao longo do ciclo. O P, assim como o N, é um elemento móvel na planta e sua deficiência aparece primeiramente nas folhas mais velhas.

A época de avaliação não foi importante quando as amostras foram coletadas na última folha completamente expandida, exceto para o HÍBRIDO 2. Em termos práticos,

os resultados indicam que, para o teor de P, uma mesma faixa de valores poderia ser considerada adequada para diferentes cultivares, independentemente da época de avaliação ou da parte da planta avaliada. Entretanto, os teores de P, tanto na parte aérea como na última folha completamente expandida, em quase todas as coletas, foram menores que os preconizados como adequados pela CQFS RS/SC (2004), o que sugere questionar os valores referenciais de interpretação usados no RS e SC, considerando-se que o teor de P no solo era alto e foi aplicado

adubo fosfatado, não devendo ter sido fator limitante ao cultivo.

Para a parte aérea, o teor de K não diferiu significativamente entre cultivares, em todas as épocas de avaliação, exceto para BR-IRGA 409 e 410, os quais diferiram significativamente (Tabela 1), estando os valores (Tabelas 1 e 2) em sua maioria próximos do limite mínimo da faixa de suficiência, do Manual de Recomendação de Adubação e Calagem do RS e SC. Para a última folha completamente expandida, os teores de K demonstraram diferen-

Tabela 1. Teores de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea, para cultivares de arroz irrigado nas épocas de avaliação

Cultivar	Épocas de avaliação				
	15 DAAN	30 DAAN	R0	15 R0	FLORESC.
				Parte aérea	
N (%)					
BR-IRGA 409	2,49 a A	2,03 a AB	1,78 a B	1,76 a B	1,28 b C
BR-IRGA 410	2,82 a A	1,80 a B	1,67 a BC	1,76 a B	1,15 b C
IRGA 417	2,58 a A	2,00 a AB	1,95 a AB	1,72 a BC	1,05 b C
IRGA 421	2,56 a A	n. d.	1,74 a B	n. d.	1,88 a C
EPAGRI 108	2,79 a A	1,87 a AB	1,53 a B	1,61 a B	0,95 b B
HÍBRIDO 2	2,96 a A	2,43 a B	2,08 a BC	1,90 a C	1,00 b D
P (%)					
BR-IRGA 409	0,17 ab B	0,20 a AB	0,23 a AB	0,24 a A	0,19 a AB
BR-IRGA 410	0,17 ab B	0,18 a B	0,20 a AB	0,26 a A	0,21 a AB
IRGA 417	0,18 a A	0,21 a A	0,21 a A	0,24 a A	0,24 a A
IRGA 421	0,15 b B	n. d.	0,21 a A	n. d.	0,19 a AB
EPAGRI 108	0,18 a B	0,20 a AB	0,22 a AB	0,25 a A	0,18 a B
HÍBRIDO 2	0,15 b D	0,19 a BC	0,21 a AB	0,26 a A	0,17 a CD
K (%)					
BR-IRGA 409	1,84 a A	1,91 a A	1,96 a A	1,86 a A	1,08 a B
BR-IRGA 410	1,96 a A	1,53 a BC	1,82 a AB	1,72 a ABC	1,40 a C
IRGA 417	1,93 a A	1,98 a A	1,88 a A	1,80 a A	1,69 a A
IRGA 421	1,86 a A	n. d.	1,89 a A	n. d.	1,61 a A
EPAGRI 108	1,97 a A	1,64 a A	1,69 a A	1,28 a A	1,49 a A
HÍBRIDO 2	1,72 a A	1,89 a A	1,88 a A	1,59 a A	1,15 a A
Ca (%)					
BR-IRGA 409	0,82 a A	0,56 a B	0,35 c BC	0,47 a B	0,29 a C
BR-IRGA 410	0,75 a A	0,69 a B	0,16 cd D	0,32 a C	0,29 a D
IRGA 417	0,80 a A	0,56 a AB	0,41 b AB	0,55 a AB	0,38 a B
IRGA 421	0,76 a A	n. d.	0,70 a A	n. d.	0,32 a B
EPAGRI 108	0,78 a A	0,67 a B	0,42 b B	0,28 a C	0,51 a B
HÍBRIDO 2	0,86 a A	0,57 a B	0,15 d C	0,33 a BC	0,26 a C
Mg (%)					
BR-IRGA 409	0,34 a A	0,31 b AB	0,17 c B	0,25 a AB	0,17 b B
BR-IRGA 410	0,29 bc B	0,35 b A	0,33 a A	0,19 a C	0,17 b C
IRGA 417	0,33 ab A	0,29 b A	0,15 c A	0,31 a A	0,20 b A
IRGA 421	0,31 abc A	n. d.	0,35 a A	n. d.	0,17 b B
EPAGRI 108	0,31 abc B	0,35 a A	0,23 bc B	0,20 a B	0,31 a B
HÍBRIDO 2	0,28 c AB	0,29 b A	0,30 ab A	0,21 a AB	0,17 b B

15 DAAN = 15 dias após a 1^a aplicação de N em cobertura; 30 DAAN = 30 dias após a 1^a aplicação de N em cobertura; R0 = estádio de diferenciação do primórdio floral; 15 R0 = 15 dias após o estádio de diferenciação do primórdio floral; FLORESC. = estádio de florescimento; n. d. = não determinado.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, dentro da linha, e mesma letra minúscula, na coluna, não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

ças entre as épocas de avaliação (exceto para BR-IRGA 409) e entre os cultivares, aos 30 DAAN e no florescimento.

O teor de Ca nas plantas de arroz irrigado diferiu significativamente entre cultivares e épocas avaliadas, para cada cultivar, em função da parte coletada da planta (Tabela 1 e 2). Quando avaliada a parte aérea, as diferenças entre cultivares ocorreram somente em R0 e não foram significativas nas demais avaliações (Tabela 1). Na última folha completamente expandida, não houve diferença significativa somente aos 30 DAAN (Tabela 2). De maneira

geral, o teor de Ca na parte aérea diminuiu significativamente, da 1^a até a 5^a avaliações e, de modo inverso, na última folha aumentaram significativamente da 1^a até a 5^a avaliações, para todos as cultivares. Assim, faixas adequadas desse nutriente devem levar em consideração a época de avaliação e a parte da planta avaliada.

Dentre todos os nutrientes avaliados, os teores de Mg foram os que estiveram com maior frequência dentro da faixa de suficiência da CQFS RS/SC (2004), especialmente com a coleta da última folha no florescimento. De maneira

Tabela 2. Teores de N, P, K, Ca e Mg na última folha completamente expandida, para cultivares de arroz irrigado nas épocas de avaliação

Cultivar	Épocas de avaliação				
	15 DAAN	30 DAAN	R0	15 R0	FLORESC.
Última folha completamente expandida					
			N (%)		
BR-IRGA 409	n. d.	3,82 a A	2,81 bc A	2,94 ab A	3,18 a A
BR-IRGA 410	n. d.	3,28 a A	2,77 bc A	3,17 a A	3,14 a A
IRGA 417	n. d.	3,56 a A	3,30 ab A	3,21 a A	3,34 a A
IRGA 421	n. d.	n. d.	3,61 a A	n. d.	3,67 a A
EPAGRI 108	n. d.	3,19 a A	2,24 c BC	2,60 b B	1,93 b C
HÍBRIDO 2	n. d.	3,90 a A	3,63 a A	3,08 a B	3,15 a B
			P (%)		
BR-IRGA 409	n. d.	0,17 a A	0,16 a A	0,20 a A	0,15 ab A
BR-IRGA 410	n. d.	0,16 a A	0,16 a A	0,20 a A	0,14 b A
IRGA 417	n. d.	0,17 a A	0,17 a A	0,22 a A	0,16 ab A
IRGA 421	n. d.	n. d.	0,18 a A	n. d.	0,17 a A
EPAGRI 108	n. d.	0,20 a A	0,22 a A	0,16 a A	0,17 a A
HÍBRIDO 2	n. d.	0,17 a AB	0,17 a AB	0,21 a A	0,16 ab B
			K (%)		
BR-IRGA 409	n. d.	1,68 b A	1,77 a A	1,85 a A	1,33 ab A
BR-IRGA 410	n. d.	2,20 a A	1,93 a A	1,47 a B	1,24 ab B
IRGA 417	n. d.	1,97 ab A	1,90 a A	1,76 a A	1,31 ab B
IRGA 421	n. d.	n. d.	1,70 a A	n. d.	1,45 a A
EPAGRI 108	n. d.	1,97 ab A	1,87 a AB	1,60 a B	1,19 b C
HÍBRIDO 2	n. d.	1,96 ab A	1,92 a A	1,51 a B	1,40 ab B
			Ca (%)		
BR-IRGA 409	n. d.	0,31 a B	0,30 b B	0,40 ab AB	0,91 a A
BR-IRGA 410	n. d.	0,43 a AB	0,30 b B	0,43 ab AB	0,62 ab A
IRGA 417	n. d.	0,39 a B	0,31 b B	0,37 b B	0,70 ab A
IRGA 421	n. d.	n. d.	0,58 a A	n. d.	0,43 b A
EPAGRI 108	n. d.	0,33 a C	0,51 a B	0,57 a AB	0,69 ab A
HÍBRIDO 2	n. d.	0,33 a B	0,32 b B	0,34 b B	0,74 ab A
			Mg (%)		
BR-IRGA 409	n. d.	0,18 a A	0,15 bc B	0,22 ab A	0,23 ab A
BR-IRGA 410	n. d.	0,15 a A	0,14 c A	0,15 c A	0,17 bc A
IRGA 417	n. d.	0,16 a A	0,13 c A	0,19 bc A	0,20 abc A
IRGA 421	n. d.	n. d.	0,31 a A	n. d.	0,13 c B
EPAGRI 108	n. d.	0,17 a B	0,19 b B	0,27 a A	0,25 a A
HÍBRIDO 2	n. d.	0,15 a B	0,15 bc B	0,18 bc B	0,24 ab A

15 DAAN = 15 dias após a 1^a aplicação de N em cobertura; 30 DAAN = 30 dias após a 1^a aplicação de N em cobertura; R0 = estádio de diferenciação do primórdio floral; 15 R0 = 15 dias após o estádio de diferenciação do primórdio floral; FLORESC.= estádio de florescimento; n. d. = não determinado.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, dentro da linha, e mesma letra minúscula, na mesma coluna, não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

geral, o teor de Mg parece ser mais sensível às variações entre os cultivares e entre as épocas de avaliação de cada cultivar (Tabelas 1 e 2). De forma semelhante aos do Ca, também houve diminuição significativa nos teores de Mg na parte aérea, com a progressão do ciclo, e aumento significativo nos teores para a última folha, porém com menor amplitude e somente para alguns cultivares.

A diminuição dos teores dos nutrientes, na planta inteira, ao longo do ciclo, deve estar relacionada com o aumento da matéria seca da parte aérea com a idade das plantas, conhecido como efeito de diluição dos nutrientes (Malavolta *et al.*, 1997). Assim, considerando-se que a disponibilidade de nutrientes influencia o crescimento e o desenvolvimento das plantas, uma lavoura com baixa disponibilidade de nutrientes, consequentemente, apresentará baixa produção de matéria seca e menor efeito de diluição, ou seja, os teores de nutrientes poderão ser iguais ou até maiores que os de plantas em lavouras com alta disponibilidade de nutrientes e produção de matéria seca (grande efeito de diluição dos nutrientes). Assim, o teor de qualquer nutriente no tecido vegetal das plantas de arroz, por si só, pode não ser suficiente para predizer se as plantas de uma lavoura apresentam um adequado estado nutricional, reforçando a necessidade de serem utilizados outros parâmetros para avaliação nutricional, tais como o crescimento vegetativo e, ou, o acúmulo de nutrientes.

CONCLUSÕES

Houve maior influência da época de avaliação nos teores de macronutrientes em plantas de arroz irrigado do que dos cultivares utilizados neste estudo.

Além da época de avaliação, também houve influência da parte da planta amostrada, exceto para os teores de P, indicando que, para este nutriente, uma mesma faixa de valores poderia ser considerada adequada.

Para a indicação de valores adequados, há necessidade de estudos de calibração e correlação com a produtividade da cultura, para qualquer um dos nutrientes.

REFERÊNCIAS

- Barbosa Filho MP, Dynia JF & Fageria NK (1994) Zinco e Ferro na cultura do arroz. 1^a ed. Brasília, Embrapa. 71p.
- CQFS RS/SC - Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004) Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10^a ed. Porto Alegre, SBCS - Núcleo Regional Sul. 400p.
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1997) Ambiente de software NTIA, versão 4.2.2: manual do usuário - ferramental estatístico. Campinas, Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura. 258p.
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2006) Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2^a ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos. 306p.
- Fageria NK, Sant'ana EP, Castro EM & Morais OP (1995) Resposta diferencial de genótipos de arroz de sequeiro à fertilidade do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 19:261-267.
- Fageria NK, Stone LF & Santos AB dos (2003) Manejo da fertilidade do solo para o arroz irrigado. 1^a ed. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão. 250p.
- Furlani AMC, Furlani PR, Azzini LE & Camargo OBA (1983) Avaliação de genótipos de arroz quanto à eficiência na utilização de fósforo em solução nutritiva e em solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 7:291-303.
- Furlani AMC, Bataglia OC & Azzini LE (1986) Variabilidade entre linhagens de arroz na absorção e utilização de potássio em solução nutritiva. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 10:135-141.
- Gianello C & Bissani CA (2004) Avaliação da fertilidade do solo. In: Bissani CA, Gianello C, Camargo FAO & Tedesco M (Eds.) Fertilidade dos solos e adubação das culturas. 1^a ed. Porto Alegre, Gênesis. p.43-48
- Malavolta E, Vitti GC & Oliveira SA de (1997) Avaliação do estado nutricional das plantas. 2^a ed. Piracicaba, Potafós. 319p.
- Murphy J & Rilley JP (1962) A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. Analytica Chimica Acta, 27:31-36.
- Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H & Volkweiss SJ (1995) Análise de solos, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 174p.
- Vahl LC & Sousa RO (2004) Aspectos físico-químicos de solos alagados. In: Gomes A da S & Magalhães Junior AM de (Eds.) Arroz irrigado no sul do Brasil. Brasília, Embrapa. p.97-118.

Estimativa do teor de nitrogênio em arroz irrigado com o clorofilômetro e a cartela de cores

Nitrogen content estimative in flooded rice by using of chlorophyll meter and color chart

Elisandra Pocojeski^I Leandro Souza da Silva^{II} Angela da Cas Bundt^{III} Enio Marchesan^{IV}
Edinalvo Rabaioli Camargo^V Walkyria Bueno Scivittaro^{VI}

RESUMO

O clorofilômetro e a cartela de cores têm sido utilizados para monitorar a adubação nitrogenada em diferentes culturas, com o pressuposto de que há uma relação entre suas leituras e o teor de nitrogênio (N) no tecido das plantas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização do clorofilômetro e da cartela de cores na estimativa do teor de N em folhas de arroz irrigado por alagamento. Foram utilizados dois experimentos instalados em um Planossolo Háplico, sendo o primeiro conduzido com cinco doses de N (0, 50, 80, 120 e 160kg ha⁻¹ na forma de ureia) e a cultivar 'IRGA 417', e o segundo com seis cultivares de arroz irrigado de diferentes ciclos ('BR-IRGA 409', 'BR-IRGA 410', 'IRGA 417', 'IRGA 421', 'EPAGRI 108' e 'HÍBRIDO 2') com uma única dose de N. Foram realizadas avaliações com clorofilômetro e a cartela de cores nas folhas do arroz em diferentes épocas. Simultaneamente às leituras, foram coletadas amostras de folhas e nelas determinado o teor de N. Quando variaram as doses de N, houve correlação significativa entre as leituras do clorofilômetro e da cartela de cores com o teor de N nas folhas, independente da época de avaliação. Já quando variaram as cultivares, as leituras do clorofilômetro se correlacionaram com o teor de N ($r=0,78$; $P<0,05$), mas não com a cartela de cores ($r=0,25ns$). O clorofilômetro e a cartela de cores foram eficientes para estimar o teor de N quando utilizada uma determinada cultivar, porém, a cartela de cores apresenta maior dependência da interpretação correta do avaliador e uma menor amplitude nas escalas, dificultando, muitas vezes, o melhor ajuste da cor. Quando utilizadas diferentes cultivares de arroz, somente o clorofilômetro é sensível para estimar o teor foliar de N.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, estado nutricional, manejo do N.

ABSTRACT

The chlorophyll meter and the color chart have been applied to monitor nitrogen fertilization in different crops, based on the assumption that there is a correlation between their readings and the nitrogen content (N) in the plant tissue. This research aims at assessing the use of the chlorophyll meter and the color chart to estimate the N content in leaves of flooded rice plants. Two experiments installed at a Albaqualf (Planossolo Háplico) were used, the first using five N doses (0, 50, 80, 120 and 160kg ha⁻¹ as urea) and the cultivar 'IRGA 417', and the second with six flooded rice cultivars of different cycles ('BR-IRGA 409', 'BR-IRGA 410', 'IRGA 417', 'IRGA 421', 'EPAGRI 108' and 'HÍBRIDO 2') with one only N dose. Assessments with the chlorophyll meter and the color chart were carried out on leaves of rice at different growth stages. Along with the readings, leaves were sampled and the leaf N content was determined. When the N doses varied, there was a meaningful correlation between the readings from the chlorophyll meter and the color chart with the leaf N content, regardless the assessment period. When the cultivars varied, the chlorophyll meter readings correlated with the N content ($r=0.78$, $P<0.05$) but not with the color chart ($r=0.25ns$). The chlorophyll meter and the color chart were efficient to estimate the N content when a particular cultivar was used, however, the color chart presents higher dependence of the accurate evaluator's interpretation as well as a narrower range of scales, making it often harder to find the best color setting. When different rice cultivars are used, only the chlorophyll meter is sensitive to estimate the leaf N content.

Key words: *Oryza sativa*, nutritional state, N management.

^IUniversidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC), Xanxerê, SC, Brasil.

^{II}Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: leandro@smail.ufsm.br. Autor para correspondência.

^{III}Programa de Pós-graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas, RS, Brasil.

^{IV}Departamento de Fitotecnia, CCR, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

^VSoil and Crop Science Department, Texas A&M University, College Station, TX, USA.

^{VI}Empresa de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado (EMBRAPA/CPACT), Pelotas, RS, Brasil.

INTRODUÇÃO

A lâmina de água aplicada sobre a superfície do solo para a irrigação do arroz (*Oryza sativa* L.) cria um ambiente de anaerobiose, o qual provoca alterações em algumas propriedades do solo, devido, principalmente, às reações de redução do nitrato, sulfato e óxidos de manganês e de ferro no solo (PONNAMPERUMA, 1972; CAMARGO & TEDESCO, 2004). De maneira geral, tais reações provocam aumento do pH e da disponibilidade de vários nutrientes essenciais e a perda de outros, principalmente de N (SCIVITTARO & MACHADO, 2004). Entretanto, o manejo da fertilidade para o arroz nas condições de solo alagado é realizado da mesma maneira que cultivos de sequeiro, ou seja, através da análise do solo e consulta de tabelas de recomendação.

A dificuldade de prever a intensidade das transformações que ocorrem com o N, aliada às variações climáticas que controlam a mineralização da matéria orgânica do solo e o crescimento da cultura, tornam os resultados da análise da matéria orgânica do solo seco, antes do cultivo, pouco sensíveis para estimar a disponibilidade de N às plantas de arroz irrigado após o alagamento (TURNER & JUND, 1994; SCIVITTARO & MACHADO, 2004).

Uma possibilidade de complementar a avaliação da disponibilidade de N, estimada pela análise de solo, pode ser realizada através da análise do tecido vegetal, monitorando o estado nutricional das plantas durante o cultivo. Os níveis que indicam a suficiência do teor de N no tecido, para a cultura do arroz irrigado, são fornecidos pela CQFS RS/SC (2004), para o estádio de florescimento utilizando a folha bandeira. Porém, nessa fase, já não há mais possibilidade de se realizar uma correção da adubação nitrogenada, isso porque a aplicação de N na fase reprodutiva não aumenta significativamente a produtividade de grãos, uma vez que o número de panículas por área, importante componente da produtividade, é definido na fase vegetativa (FAGERIA & STONE, 2003). Porém, mesmo a utilização da análise de tecido na fase vegetativa para programar a adubação de cobertura seria limitada pela demora na obtenção dos resultados e pela pouca disponibilidade de laboratórios que realizam este tipo de análise em algumas regiões.

Na busca de procedimentos mais práticos e rápidos para avaliação do estado nutricional das plantas, foram desenvolvidos outros métodos para serem utilizados no campo e que tornam possível a correção deste nutriente durante o ciclo de cultivo. Um dos métodos que já está sendo utilizado em alguns

países é o medidor portátil de clorofila (clorofilômetro) modelo SPAD-502 (MINOLTA, 1989). Esse aparelho fornece leituras (unidades *SPAD*) que correspondem ao teor do pigmento presente na folha e tem sido utilizado para estimar o teor foliar de N, visto que clorofila e N se correlacionam positivamente na mesma cultura. Para a cultura do arroz, TURNER & JUND (1991) e PENG et al. (1993) encontraram correlação positiva entre a leitura do clorofilômetro e teor de N no tecido. Entretanto, a leitura do clorofilômetro pode variar com o estádio de desenvolvimento da planta e entre cultivares, requerendo calibrações individuais entre as leituras obtidas pelo clorofilômetro e o teor de N no tecido (PENG et al., 1993). Essa ferramenta para a cultura do arroz em nível de Brasil e/ou Rio Grande do Sul ainda é pouco estudada e não se conhecem valores de leituras críticas para a cultura e o comportamento com as cultivares aqui utilizadas.

Adicionalmente, o alto custo do clorofilômetro pode ser uma dificuldade encontrada por muitos produtores e, dessa forma, uma alternativa mais econômica seria a cartela de cores (*Leaf Color Chart-LCC*) (IRRI, 1996). Esta consiste de diferentes tonalidades da coloração verde, as quais têm relação com o teor de N no tecido e objetivam indicar a necessidade desse elemento às culturas. Assim como para o clorofilômetro, a tonalidade da cor crítica na cartela de cores precisa ser determinada para manejar as aplicações de N (SINGH et al., 2002). Entretanto, da mesma forma que o clorofilômetro, também é necessário avaliar a capacidade da cartela de cores para estimar o teor de N no tecido das plantas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização do clorofilômetro e da cartela de cores na estimativa do teor de N no tecido de plantas de arroz irrigado por alagamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo, foram utilizados dois experimentos instalados na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), município de Santa Maria - RS, no período de novembro de 2005 a março de 2006. O solo do local de instalação do experimento é classificado como Planossolo Háplico Eutrófico arênico (EMBRAPA, 2006). Sua análise química, realizada pelo Laboratório de Análise de Solos da UFSM, apresentou os seguintes resultados para o primeiro e segundo experimento, respectivamente: teor de argila 340 e 230g kg⁻¹; pH_{água} 5,7 e 4,9; índice SMP 6,2 e 5,6; M.O. 25 e 19g kg⁻¹; P (Melich-1) 9,3 e 7,6mg dm⁻³; K (Melich-1) 52mg dm⁻³ e 68mg dm⁻³; Ca 7,5 e 7,5cmol_c dm⁻³; Mg 3,0 e 2,3cmol_c dm⁻³ e saturação por bases 75 e

59%. O preparo do solo das áreas experimentais foi realizado através de gradagens, com posterior nivelamento da área.

No primeiro experimento, a semeadura do arroz foi realizada no dia 3 de novembro de 2005, sendo utilizado a cultivar 'IRGA 417'. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos utilizados foram cinco doses de N (0, 50, 80, 120 e 160kg de N ha⁻¹), sendo o total da dose de cada tratamento subdividida em três épocas de aplicação: 1^a) semeadura - 17,5kg de N ha⁻¹ - correspondendo a 350kg ha⁻¹ da fórmula N-P₂O₅-K₂O 5-20-30; 2^a) estádio vegetativo (V4-V5) - metade da dose aplicada em cobertura para cada tratamento; e 3^a) estádio de inicio da diferenciação do primôrdio floral (R0) - o restante da dose aplicada em cobertura de cada tratamento.

O segundo experimento foi realizado com seis cultivares de arroz irrigado: 'BR-IRGA 409', 'BR-IRGA 410', 'IRGA 417', 'IRGA 421', 'EPAGRI 108' e 'HÍBRIDO 2' (IRGA). Esses materiais foram selecionados em função das diferenças de ciclo, variando de superprecoce (IRGA 421, ciclo ± 100 dias), médio (BR-IRGA 409, ciclo ± 126 dias; BR-IRGA 410, ciclo ± 123 dias; IRGA 417, ciclo ± 115 dias) a longo (EPAGRI 108, ciclo ± 142 dias). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. A semeadura foi realizada no dia 13 de novembro de 2005. A adubação consistiu na semeadura, de 12,5, 50 e 75kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, e, em cobertura de 110kg ha⁻¹ de N, divididos em duas épocas: 1^a aplicação - estádio vegetativo V4 - 60kg ha⁻¹ de N (um dia antes da entrada de água na área) e a 2^a aplicação - início da diferenciação do primôrdio floral - R0 - 50kg ha⁻¹ de N. A fonte de N utilizada para ambos os experimentos foi ureia e para avaliação dos estádios foi utilizada a escala de COUNCE et al. (2000).

No primeiro experimento, foram realizadas quatro avaliações nas plantas de arroz irrigado: 1^a avaliação aos 15 dias após a 1^a aplicação de N em cobertura (15DAAN), 2^a avaliação no início da diferenciação do primôrdio floral (R0), 3^a avaliação aos 15 dias após R0 (15DAR0) e a 4^a avaliação no florescimento (entre 30-50% das panículas florescidas, com pelo menos uma espigueta em antese). O índice de clorofila foi obtido pela leitura do aparelho portátil, clorofilômetro (modelo SPAD-502), com uma leitura na posição intermediária da folha, considerando a última folha completamente expandida, em 15 plantas por subparcela, nas quatro épocas de avaliação. A coloração das folhas foi realizada através do contraste cores das plantas de arroz com as tonalidades de cor verde da cartela de cores *Leaf Color Chart*, produzida

pela *University of California Cooperative Extension*, na porção intermediária da folha, das mesmas 15 plantas por parcela utilizadas para a leitura com clorofilômetro. Para a determinação do teor de N no tecido vegetal, foram coletadas amostras, para a 1^a, 2^a e 3^a avaliações, das duas últimas folhas expandidas de 50 plantas e, na 4^a avaliação, amostras de 50 folhas bandeira (última folha expandida). Do material vegetal coletado, realizou-se a extração e quantificação do teor de N seguindo o método descrito por TEDESCO et al. (1995).

No segundo experimento, a avaliação do teor de N na planta foi realizada em cinco épocas: 1^a avaliação - aos 15 dias após a 1^a aplicação de N em cobertura; 2^a avaliação - 30 dias após a 1^a aplicação de N em cobertura; 3^a avaliação - no início da diferenciação do primôrdio floral (R0); 4^a avaliação - aos 15 dias após R0; e a 5^a avaliação - no florescimento (30-50% das panículas florescidas, com pelo menos uma espigueta em antese). A partir da 3^a, as avaliações seguiram o estádio fenológico de cada cultivar, em função das diferenças de ciclo. As determinações em cada uma das avaliações foram as mesmas realizadas no primeiro experimento.

Realizaram-se análises de correlação simples (Pearson) entre os dados das leituras do clorofilômetro e da cartela de cores com o teor de N foliar, utilizando o software estatístico SOC NTIA/EMBRAPA (EMBRAPA, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro experimento, houve correlação significativa ($r=0,81$; $P<0,05$) entre as leituras do clorofilômetro e o teor de N nas últimas folhas das plantas de arroz irrigado, independente da época de avaliação (Figura 1A). O fato de as leituras do clorofilômetro terem sido realizadas na última folha completamente expandida e o teor de N determinado nas últimas folhas das plantas explica a significância das correlações nessa situação. ARGENTA (2001) observou que, quando correlacionadas as leituras do clorofilômetro e o teor de N na planta inteira do milho, somente houve correlação significativa ($P<0,05$) para o estádio de espigamento. Já quando determinou o teor de N na mesma folha (ou em uma folha próxima) na qual realizou as leituras do clorofilômetro, obteve correlação significativa para todos os estádios, com exceção da primeira avaliação (estádio de três a quatro folhas completamente desenvolvidas). Em estudo desenvolvido com a cultivar de arroz irrigado 'IR72', PENG et al. (1993) determinaram o teor de N e realizaram leituras com o clorofilômetro na última folha completamente expandida, em três estádios (meio do perfilhamento, início da diferenciação do primôrdio floral

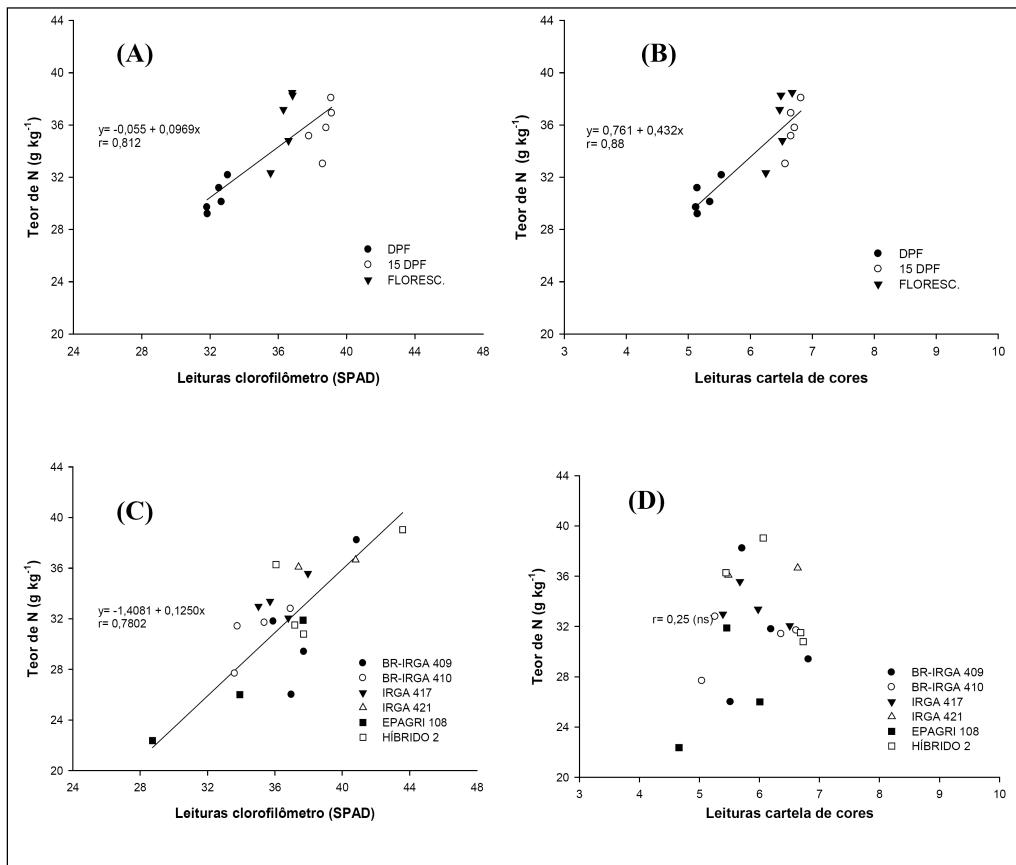


Figura 1 - Correlação entre as leituras do clorofilômetro (A) e cartela de cores (B) com o teor de N nas últimas folhas expandidas de arroz. DPF (RO): iniciação da diferenciação do primôrdio floral; 15DPF: 15 dias após DPF; FLORESC: florescimento, para a cultivar 'IRGA 417', e entre as leituras do clorofilômetro (C) e da cartela de cores (D) com o teor de N da última folha completamente expandida, para seis cultivares de arroz irrigado, em quatro épocas de avaliação. Safra 2005/06. Santa Maria - RS.

e florescimento), e obtiveram um $R^2=0,49$, o que corresponde a uma correlação (r) de aproximadamente 0,70, semelhante ao encontrado neste experimento.

A correlação entre as leituras da cartela de cores e o teor de N nas folhas (Figura 1B) apresentou um comportamento semelhante ao das leituras do clorofilômetro. Nesse caso, a correlação também foi significativa ($r=0,88$; $P<0,05$). Entretanto, os valores das leituras realizadas com a cartela de cores tiveram uma amplitude menor do que aquelas obtidas com o clorofilômetro. Isso indica que este método, quando comparado ao clorofilômetro, é menos sensível em diagnosticar as diferenças no teor de N do tecido vegetal.

Comparando os dois métodos, neste experimento, houve correlação significativa entre o clorofilômetro e a cartela de cores ($r=0,85$; $P<0,05$), indicando que, embora com menor sensibilidade para detectar diferenças, como discutido anteriormente, a cartela de cores poderia ser utilizada para substituir o

uso do clorofilômetro, caso a precisão não seja um fator importante na avaliação. Entretanto, separando a 1^a época de avaliação das demais, o valor (r) para a 1^a época seria de 0,74 e, para as demais épocas, de 0,93, o que indica que a interpretação dos resultados para as avaliações deveria ser separada em função dos estádios (vegetativo e reprodutivo). Cabe salientar que a primeira época de avaliação se diferenciou das demais avaliações, já que houve maior variação nas leituras do clorofilômetro em função das doses de N, sem uma variação proporcional para as leituras com a cartela de cores. Também se deve considerar que a cartela de cores é um método que exige maior interpretação do avaliador, estando sujeita a erros em função do momento de avaliação bem como dos conhecimentos de quem a realiza. Vale lembrar que esse método foi desenvolvido para cultivares utilizadas nos EUA (produzida pela *University of California Cooperative Extension*) e que a escala de cores pode não ser representativa para as

cultivares utilizadas nos estados do RS e SC. Assim, embora haja uma indicação potencial de utilização desse método, há que se considerar a interpretação individual neste tipo de avaliação em possíveis recomendações futuras.

No experimento em que se utilizaram diferentes cultivares, as leituras obtidas pelo clorofilômetro apresentaram correlação significativa com o teor foliar de N para as cultivares testadas (Figura 1C), mesmo ao se considerarem todas as épocas de avaliação conjuntamente. Isso mostra que, independentemente da cultivar ou da época de avaliação, é possível estimar o teor de N na última folha expandida do arroz por meio da leitura do clorofilômetro. A equação obtida pode ser considerada semelhante à encontrada no experimento anterior. Em estudo com cinco cultivares de arroz irrigado, PENG et al. (1993) encontraram um coeficiente de correlação de 0,71 entre o teor de N e as leituras do clorofilômetro, semelhante ao encontrado neste experimento ($r=0,78$; $P<0,05$). Isso significa que o princípio de avaliação do índice de clorofila é pouco dependente das características das cultivares ou ciclos e possui potencial para estabelecimento de uma única calibração.

Não se observou, porém, significância para a correlação entre as leituras realizadas com a cartela de cores e o teor de N na folha (Figura 1D). A amplitude restrita da escala de cores e a dificuldade de encontrar correspondência entre as tonalidades de verde disponíveis na cartela e nas cultivares utilizadas, conforme reportado anteriormente, podem ter contribuído para esse resultado. Isso confirma que a cartela de cores não teve a mesma sensibilidade, especialmente na avaliação de diferentes genótipos, em comparação ao clorofilômetro.

Quando comparados os dois métodos, não houve correlação entre as leituras do clorofilômetro e da cartela de cores ($r=0,09$; ns). É plausível que a ausência de correlação da cartela de cores com o teor de N tenha resultado na ausência de correlação entre os dois métodos também. Isso indica que a cartela de cores não substitui o clorofilômetro indistintamente para diferentes cultivares e épocas de avaliação, o que remete à necessidade de realização de estudos individuais de uso da cartela de cores para determinadas cultivares de arroz irrigado.

Na correlação das leituras do clorofilômetro com a produtividade de grãos, houve correlação significativa somente para o estádio do florescimento no experimento com doses de N (Figura 2A) e na primeira época de avaliação para o experimento com cultivares (Figura 2C). Esse comportamento pode estar relacionado ao fato de que a avaliação do clorofilômetro

em uma única folha não expresse o estado nutricional de toda a planta e de que o fator diluição, provocado pela diferente produção da matéria seca dos cultivares, tenha influenciado na obtenção dos valores do clorofilômetro, não se correlacionando com a produtividade de grãos. Isso também indica que a produção de matéria seca e acúmulo de N possa ser uma ferramenta importante a se considerar no diagnóstico do estado nutricional das plantas.

A correlação das leituras da cartela de cores com a produtividade de grãos também foi significativa somente para o estádio do florescimento, no experimento de doses de N (Figura 2B), e não foi significativa para as épocas de avaliação no experimento de cultivares (Figura 2D). Os valores tenderam a diminuir com o aumento da produtividade, o que demonstra falta de aplicabilidade agronômica, tendo em vista que leituras mais altas na cartela de cores, desde que outros fatores não estejam influenciando nas determinações, deveriam refletir melhores condições nutricionais da lavoura e, consequentemente, maiores produtividades.

Assim, pode-se destacar que os resultados obtidos neste trabalho demonstram o potencial de uso, tanto do clorofilômetro quanto da cartela de cores, esta com algumas restrições, para avaliar o teor de N das plantas de arroz irrigado e, consequentemente, seu estado nutricional. Entretanto, ainda há necessidade de se obter leituras críticas para ambos os métodos, necessitando assim que outros estudos sejam realizados, a fim de determinar valores críticos de leituras do clorofilômetro e/ou cartela de cores, possibilitando futuros ajustes na dose da adubação nitrogenada em cobertura para a cultura do arroz irrigado, em função do estado nutricional das plantas durante o cultivo.

CONCLUSÃO

Para a cultivar de arroz irrigado 'IRGA 417', tanto clorofilômetro quanto cartela de cores podem ser usados para estimar o teor de N nas plantas, independente da época de avaliação. Entretanto, o clorofilômetro é mais preciso do que a cartela de cores e esta apresenta maior dependência da interpretação do avaliador e uma menor amplitude nas escalas, dificultando, muitas vezes, o melhor ajuste da cor.

Para diferentes cultivares de arroz irrigado, com diferentes ciclos, apenas o clorofilômetro é sensível para estimar o teor de N nas plantas, independente da época de avaliação.

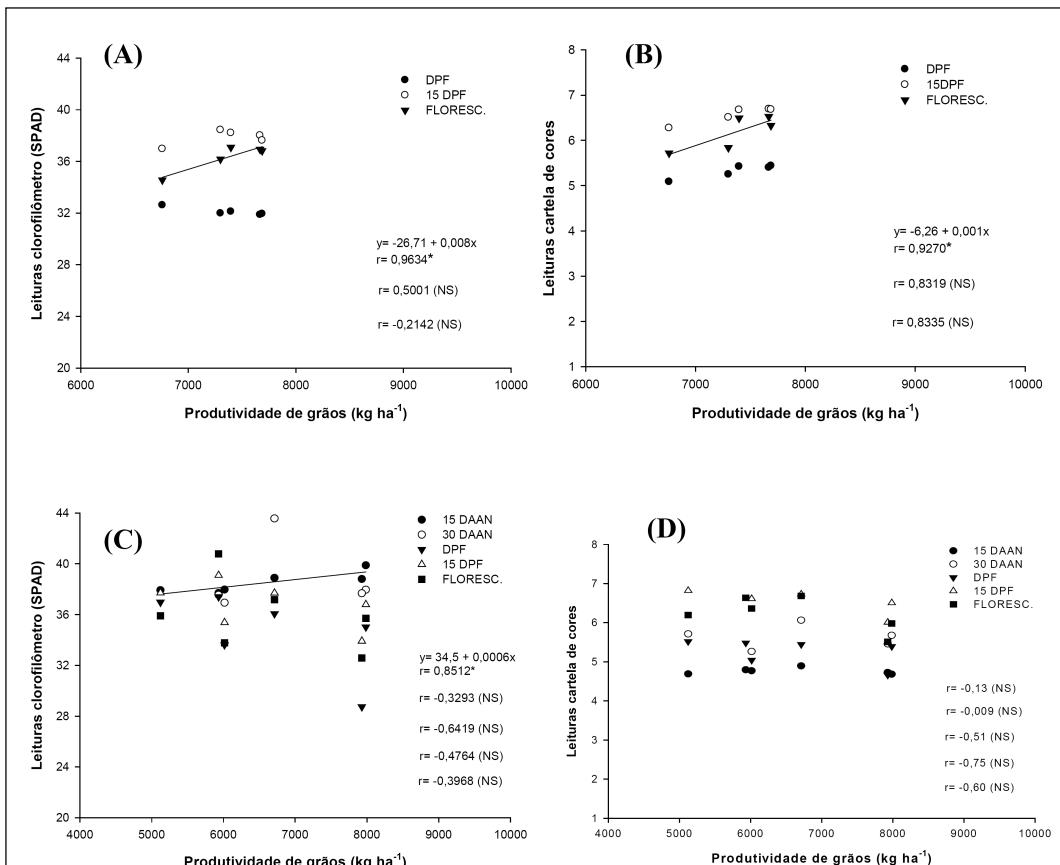


Figura 2 - Correlação entre as leituras do clorofilômetro (A) e da cartela de cores (B) com a produtividade de grãos para três épocas de avaliação, diferenciação do primôrdio floral (DPF-RO), 15 dias após a diferenciação do primôrdio floral (15DPF) e florescimento (FLORESC.), em função das doses de N, cultivar 'IRGA 417', e entre as leituras do clorofilômetro (C) e a cartela de cores (D) e a produtividade de grãos, aos 15 dias após a 1^a aplicação de N em cobertura (15DAAN), 30 dias após a 1^a aplicação de N em cobertura (30DAAN), DPF, 15DPF e FLORESC, para seis cultivares de arroz irrigado. Safra 2005/06. Santa Maria - RS.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Rio-Grandense de Arroz (IRGA), pela concessão das cultivares de arroz irrigado e do clorofilômetro utilizado, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão de bolsa de estudos de Mestrado, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pelo auxílio financeiro, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de Iniciação Científica e de Produtividade em Pesquisa.

REFERÊNCIAS

ARGENTA, G. Monitoramento do nível de nitrogênio na planta como indicador da adubação nitrogenada em milho. 2001. 112f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

CAMARGO, F.A.O.; TEDESCO, M.J. Solos alagados. In: BISSANI, C.A. et al. **Fertilidade dos solos e adubação das culturas**. Porto Alegre: Gênesis, 2004. 322p.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: SBCS-Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.

COUNCE, P.A. et al. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, v.40, n.2, p.436-443, 2000. Disponível em: <<http://crop.scijournals.org/cgi/reprint/40/2/436>>. Acesso em: 14 abr. 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMBRAPA. **Ambiente de software NTIA, versão 4.2.2**: manual do usuário - ferramental estatístico. Campinas: Centro

- Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura, 1997. 258p.
- FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. Manejo do nitrogênio. In: FAGERIA, N.K. et al. **Manejo da fertilidade do solo para o arroz irrigado**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2003. 250p.
- IRRI. Use of leaf color chart (LCC) for N management in rice. **Crop Resource Management**. Network Technology. Brief 2. Los Baños, Laguna, Philippines, 1996. 4p.
- MINOLTA CAMERA. **Manual for chlorophyll meter SPAD 502**. Osaka: Radiometric Instruments divisions, 1989. 22p.
- PENG, S. et al. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter's estimate of rice leaf nitrogen concentration. **Agronomy Journal**, v.85, n.5, p.987-990, 1993.
- PONNAMPERUMA, F.N. The chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**, v.24, p.29-96, 1972.
- SCIVITTARO, W.B.; MACHADO, M.O. Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JUNIOR, A.M. de (Org.). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília-DF: Embrapa, 2004. Cap.9, p.259-303.
- SINGH, B. et al. Chlorophyll meter – and leaf color chart-based nitrogen management for rice and wheat in Northwestern India. **Agronomy Journal**, v.94, p.821-829, 2002.
- TEDESCO, J.M. et al. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de solos, Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.
- TURNER, F.T.; JUND, M.F. Chlorophyll meter to predict nitrogen topdress requeriment for semidwarf rice. **Agronomy Journal**, v.83, n.5, p.926-928, 1991.
- TURNER, F.T.; JUND, M.F. Assessing the nitrogen requirements of rice crops with a chlorophyll meter. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.34, p.1001-1005, 1994.