



Sumário

Desempenho de cultivares de arroz com uso de reguladores de crescimento, em diferentes sistemas de cultivo

Aplicação de fungicida em plantas de arroz irrigado e seu efeito na qualidade de sementes durante o armazenamento

Aplicação de fungicida em cultivares de arroz irrigado e seu efeito na qualidade de sementes

Rendimento de grãos e eficiência no uso de água de arroz irrigado em função da época de semeadura

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

Desempenho de cultivares de arroz com uso de reguladores de crescimento, em diferentes sistemas de cultivo

Mara Grohs⁽¹⁾, Enio Marchesan⁽¹⁾, Rodrigo Roso⁽¹⁾, Tiago Constante Formentini⁽¹⁾
e Maurício Limberger de Oliveira⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, nº 1.000, CEP 97105-220 Santa Maria, Rio Grande do Sul, RS. E-mail: maragrohs@yahoo.com.br, emarchezan@terra.com.br, rodrigo.roso@hotmail.com, tiagoformentini@hotmail.com, mauriciodeoliveira8@hotmail.com

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de reguladores de crescimento sobre o estabelecimento inicial e o desempenho agrônômico de cultivares de arroz irrigado, em diferentes sistemas de cultivo. O experimento foi conduzido em ambiente controlado e em campo, com as cultivares Irga 424 e Irga 425, e os produtos ácido giberélico, tiametoxam e Haf Plus. Em campo, os tratamentos foram testados nos sistemas de cultivo convencional e pré-germinado. Em ambiente controlado, as substâncias avaliadas promoveram a germinação de Irga 425, com incremento de 50% na germinação com o uso de tiametoxam, e de 39% com Haf Plus e ácido giberélico. Em campo, esse desempenho foi dependente do sistema de cultivo e da cultivar utilizada. O ácido giberélico causou estiolamento inicial, com reflexos na estatura da planta, na emissão de perfilhos e na deposição de biomassa vegetal. Tiametoxam e Haf Plus estimularam o perfilhamento das cultivares de arroz, nos dois sistemas de cultivo. Apesar de todos os produtos estimularem o número de panículas por metro quadrado, sua influência na produtividade de grãos não foi observada nos sistemas avaliados.

Termos para indexação: *Oryza sativa*, ácido giberélico, estabelecimento inicial, sistema pré-germinado, tiametoxam.

Performance of rice cultivars with the use of growth-regulators in different cropping systems

Abstract – The objective of this work was to evaluate the effect of growth-regulating substances on initial establishment and agronomic performance of irrigated rice cultivars, in different cropping systems. The experiment was carried out in controlled environment and in field conditions, using the cultivars Irga 424 and Irga 425, and the products gibberellic acid, thiamethoxam and Haf Plus. At field, treatments were tested with conventional and pre-germinated sowing systems. In the controlled environment, the evaluated substances promoted the germination of Irga 425, with an increase of 50% in germination with the use of thiamethoxam and of 39% with Haf Plus and gibberellic acid. In the field, this performance was dependent on the system and the cultivar used. Gibberellic acid caused initial blanching, which reflected in plant height, tiller emission, and deposition of vegetal biomass. Thiamethoxam and Haf Plus stimulated tillering of rice cultivars in both cultivation systems. Although all the products stimulated the number of panicles per square meter, there is no influence on grain yield in the evaluated systems.

Index terms: *Oryza sativa*, gibberellic acid, early establishment, pre-germinated system, thiamethoxam.

Introdução

Além do estresse causado por baixas temperaturas, o estabelecimento das plântulas de arroz (*Oryza sativa* L.) pode ser afetado por diversos outros fatores. Características intrínsecas de cada genótipo de arroz podem condicionar plântulas mais ou menos vigorosas, o que está associado a balanços hormonais. Porém, a atuação do ambiente sobre a semente também é de grande importância.

No sistema pré-germinado, é comum o acamamento das plantas, o que pode ser agravado por fatores como: ação do vento e da chuva, excesso de nitrogênio, altura da lâmina de água e características genéticas de cada cultivar (Ismail et al., 2009). O vento e a chuva, quando causam acamamento, contribuem para a diminuição da produtividade da cultura (Marchezan et al., 2004). Entre os fatores genéticos afetados, destacam-se a estatura da planta, o peso da panícula e, principalmente, a formação

de sistema radicular adequado, amplo e profundo (Tinarelli, 1989).

A manutenção da lâmina de água dificulta o desenvolvimento e a fixação das plântulas de arroz, que se desprendem do solo e passam a flutuar na superfície (Farooq et al., 2011). Nesse sentido, há relatos de que a retirada da água após a semeadura seria eficiente no estabelecimento da lavoura no sistema pré-germinado (Silva et al., 2002), ao promover melhor fixação de plantas. No entanto, a retirada da água pode prejudicar o estabelecimento da lavoura de arroz irrigado no sistema pré-germinado, além de aumentar a possibilidade de perdas por infestação de invasoras (Marchezan et al., 2007). Portanto, é necessário aumentar o vigor inicial e o enraizamento das plântulas, para evitar o estiolamento e o comprometimento do estabelecimento inicial.

Os hormônios ou biorreguladores atuam em todas as fases de desenvolvimento das plantas, e o conhecimento de seus efeitos fisiológicos é fundamental para a compreensão da vida dos vegetais. Novas descobertas têm estimulado a utilização dessas substâncias na produção agrícola, com vistas ao aumento da qualidade e sustentabilidade dos cultivos. Promotores e inibidores do crescimento, reguladores de maturação e bioestimulantes vegetais têm composto diversos sistemas de produção, como os de algodão, cana-de-açúcar, soja, citros, manga, uva, flores, hortaliças, entre outros. Dependendo de seu modo de ação, essas substâncias podem estimular a germinação das sementes por meio da quebra de dormência (Külen et al., 2011) ou de estímulos ao metabolismo de enzimas hidrolíticas, que controlam etapas da divisão celular, como as giberelinas (O'Brien et al., 2010), ou que induzem processos de autodefesa da planta, como os inseticidas da classe dos neonicotinoides (Ford et al., 2010). Assim, a utilização dessas substâncias em sistemas de cultivo em que o estabelecimento inicial do arroz irrigado é dificultado, pode ser uma estratégia interessante para garantir o estande de plantas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de reguladores de crescimento sobre o estabelecimento inicial e o desempenho agrônômico de cultivares de arroz irrigado, em diferentes sistemas de cultivo.

Material e Métodos

A primeira parte do experimento foi conduzida em laboratório, no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, com uso de

câmara de incubação tipo “biochemical oxygen demand” (BOD), em agosto de 2010.

Nesse ambiente, o experimento foi conduzido em arranjo bifatorial (2x4), com quatro repetições, em delineamento inteiramente casualizado. As cultivares de arroz irrigado avaliadas foram Irga 424 e Irga 425, indicadas para os sistemas convencional e pré-germinado, respectivamente. Foram utilizadas sementes certificadas do Instituto Rio Grandense do Arroz, com pureza de 98% e germinação em condições normais de 90%. Os tratamentos consistiram da aplicação nas sementes de três substâncias com efeito regulador do crescimento: ácido giberélico, tiametoxam (Cruiser) e Haf Plus. Além disso, foi avaliado um tratamento controle, sem aplicação de nenhuma substância.

O ácido giberélico, na sua forma AG₃, foi escolhido por ser considerado o hormônio da germinação; o tiametoxam, inseticida da classe dos neonicotinoides, foi incluído no trabalho por seu efeito enraizador, principalmente em condição de estresse ambiental; e o Haf Plus, um fertilizante organo-mineral, foi selecionado por ser constituído de extratos naturais e algas, os quais podem conferir efeitos variados dentro da planta, desde hormonal até nutricional. O Haf plus é uma mistura formulada de nitrogênio (5%) + matéria orgânica (25%), L- α aminoácidos livres (6%), extrato de algas *Ascomyllum nodosum* (Linnaeus) Le Jolis, polissacarídeos e micronutrientes (0,72%).

A dose utilizada de tiametoxam e Haf Plus foi de 200 mL 100 kg⁻¹ de sementes, e a de ácido giberélico foi de 4 g 100 kg⁻¹ de sementes. Os produtos foram aplicados diretamente nas sementes com válvula pressurizada, 24 horas antes da semeadura, com o volume de calda de 4,6 L 100 kg⁻¹ de sementes. Após os tratamentos, foram avaliados os efeitos dos produtos, por meio do emprego de testes de germinação e da determinação do comprimento da parte aérea e da raiz das plântulas. As sementes foram germinadas a 17°C, temperatura mínima do solo exigida para a realização da semeadura do arroz (Arroz irrigado, 2010).

A germinação foi registrada aos 7, 10 e 14 dias após a semeadura (DAS), tendo sido consideradas germinadas as sementes cuja radícula e cujo coleóptilo alcançaram 2 cm de comprimento, segundo especificações das Regras para análises de sementes (2009). Os resultados foram expressos em percentagem de plântulas germinadas.

Para avaliar o comprimento da raiz e da parte aérea das plântulas, foram utilizadas quatro repetições de dez sementes. Os rolos com as sementes permaneceram por 14 dias em BOD, tendo sido avaliados, a cada 72 horas, o comprimento radicular e da parte aérea das plântulas normais. A mensuração foi iniciada quando se constatou 50% de sementes germinadas.

Os tratamentos testados em ambiente controlado foram levados a campo, em área de várzea, em solo classificado como Planossolo Háplico eutrófico arênico, pertencente à unidade de mapeamento Vacacaí (Santos et al., 2006). Nesse ambiente, foram conduzidos dois experimentos, alocados lado a lado, que diferiram apenas quanto ao sistema de cultivo utilizado: convencional ou pré-germinado. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco repetições.

Para a implantação do sistema pré-germinado e convencional, em 1/8/2010, o solo foi submetido a gradagens e aplainamento com prancha alisadora. No mesmo dia, para o sistema pré-germinado, iniciou-se a irrigação por submersão da área experimental, tendo-se mantido essa condição até o final do experimento. No sistema convencional, a irrigação foi iniciada quando as plantas de arroz encontravam-se no estágio V4, segundo escala de Counce et al. (2000).

A semeadura das cultivares ocorreu em 1/10/2010, quando a temperatura do solo e da água atingiu 17°C. A densidade de semeadura utilizada correspondeu a 90 kg ha⁻¹ de semente. As parcelas tinham dimensões de 1,87x5 m (7,85 m²), com área útil de 5 m², para a estimativa da produtividade de grãos. No sistema convencional, utilizou-se o espaçamento entre plantas de 0,175 m entrelinhas. No sistema pré-germinado, a semeadura foi realizada a lanço, com as sementes previamente germinadas quando a radícula apresentava em torno de 2 mm de comprimento. Os demais tratamentos culturais foram realizados conforme recomendação para o cultivo de arroz irrigado (Arroz irrigado, 2010).

Aos dez dias após a emergência, foi demarcado 1 m de linha de semeadura em cada unidade experimental, no sistema convencional, e uma área de 0,25x0,25 m no sistema pré-germinado, nas quais se realizou a contagem do estande inicial, a qual foi posteriormente convertida para m². Além disso, nessa área, realizou-se a contagem do número de colmos por planta em V4, V5 e V9, nos dois experimentos, e do número de panículas por ocasião da pré-colheita, aos 115 dias após

a emergência. Na mesma ocasião, avaliou-se a estatura de dez plantas escolhidas ao acaso.

Para a avaliação de massa de matéria seca e estatura de plantas, foi demarcado outro metro de linha de semeadura, do qual foram retiradas dez plantas em sequência, a cada avaliação, no sistema convencional. No sistema pré-germinado, as plantas foram retiradas em sequência, do lado oposto ao escolhido para a avaliação de estande inicial e colmos. Após arrancadas, as plantas foram lavadas – tendo-se retirado as raízes – e medidas da base até a ponta da última folha, para se obter a estatura das plantas do estágio V1, V3 e V5, segundo escala de Counce et al. (2000). Após medidas, as plantas foram colocadas em sacos de papel e, em seguida, levadas à estufa de circulação forçada de ar com temperatura de 65°C, para secagem até peso constante, para determinação da massa de matéria seca das plantas.

A produtividade de grãos foi determinada por meio da colheita manual das plantas, quando os grãos atingiram umidade média de 20%. As plantas foram trilhadas e, posteriormente, determinou-se a massa dos grãos, com correção da umidade para 13%. A análise estatística foi realizada por meio do teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. As variáveis percentagem de germinação e esterilidade de espiguetas foram transformadas pela equação $yt = (y + 1)^{0.5}$.

Resultados e Discussão

Na primeira contagem de plântulas normais, realizada aos 7 DAS, todas as substâncias com efeito de regulador de crescimento foram eficientes em estimular a germinação das cultivares de arroz, com destaque para o tiametoxam (Tabela 1). Porém, esse estímulo foi maior para a cultivar Irga 425, com diferença de 48% em comparação à testemunha. No caso do tiametoxam e do ácido giberélico, esse estímulo à germinação era esperado, pois essas substâncias atuam em diferentes etapas do processo germinativo, principalmente com estímulo da atividade de enzimas-chave envolvidas nesse processo (Horie et al., 2007; Rayorath et al., 2008; Macedo & Castro, 2011). Aos 10 DAS, a influência dos produtos passou a ser dependente da cultivar utilizada. Em 'Irga 424', independentemente do produto utilizado, a germinação não diferiu da testemunha até o final do experimento. Essa cultivar é classificada como sensível ao frio e de vigor inicial baixo (Cruz

et al., 2010), o que pode ter prejudicado sua interação com os produtos utilizados. Para a cultivar Irga 425, o tiametoxam e o ácido giberélico aumentaram em 60% a germinação das sementes, enquanto o Haf Plus apresentou comportamento intermediário (46%).

Ao final da avaliação da germinação, aos 14 DAS, a percentagem de sementes germinadas de Irga 425 com o tiametoxam foi 50% maior que a da testemunha, com comportamento intermediário para ácido giberélico e Haf Plus (39%). Esse resultado pode ser atribuído ao fato de que, para que a planta fosse considerada germinada, tanto a parte aérea quanto o sistema radicular deveriam apresentar ao menos 2 cm de comprimento. Como as giberelinas (ácido giberélico) são eficientes em estimular o alongamento do mesocótilo, por conferir rápido desenvolvimento da parte aérea das plântulas (Yamagushi, 2008; Dai & Xu, 2010), esse efeito pode, em um primeiro momento, estimular o desenvolvimento radicular. Isso porque a presença de ácido giberélico atua sobre a atividade das citocininas, hormônio responsável pelo crescimento das raízes

(Leite et al., 2003; Gazzoni, 2009). Porém, quando o crescimento da parte aérea passa a ser excessivo, a plântula desloca seus metabólitos para nutrição de folhas e colmos, em detrimento ao desenvolvimento da raiz, o que pode ocasionar inibição do crescimento de raízes, inclusive das adventícias. Essa situação foi observada no experimento em ambiente controlado, no qual o ácido giberélico estimulou basicamente o desenvolvimento da parte aérea.

Em relação ao tiametoxam, a situação foi inversa: o estímulo ao sistema radicular foi predominante sobre o crescimento da parte aérea. Sabe-se que o hormônio que regula o crescimento radicular é a citocinina, promotor da divisão celular. Portanto, o tiametoxam pode estar relacionado à regulação da atividade de citocinina dentro da planta. Contudo, é provável que o aumento no teor de citocinina seja decorrente do maior desenvolvimento radicular, pois não há alteração no número de células das plantas tratadas com esse produto. Embora o maior crescimento de raízes possa proporcionar maior absorção de água e de nutrientes em soja (Tavares et al., 2007) e algodão (Lauxen et al., 2010), esse comportamento pode variar entre espécies (Macedo & Castro, 2011).

A resposta das plantas ao tiametoxam foi dependente da cultivar, conforme verificado para 'Irga 425', em que houve crescimento equivalente entre raiz e parte aérea, o que não foi diferente do observado para o ácido giberélico. Esse resultado influenciou a resposta do teste de germinação, pois o tiametoxam produziu uma plântula de crescimento uniforme. Possivelmente, o Haf Plus também tenha ocasionado efeito de uniformidade, uma vez que não houve crescimento de nenhum dos órgãos de forma isolada, mas o desenvolvimento das plântulas aparentou ser mais lento, o que pode ter refletido na menor velocidade de germinação.

Em campo, os resultados foram influenciados pelo sistema de cultivo utilizado. Quando conduzido em sistema convencional, os resultados de estande inicial estiveram relacionados à resposta obtida em ambiente controlado, com melhor desempenho para tiametoxam na cultivar Irga 425, e ausência de resposta para Irga 424 (Tabela 2). Para o sistema pré-germinado, no entanto, o comportamento da cultivar Irga 425 foi modificado, com menor estande para o tratamento com ácido giberélico. Dois fatores foram determinantes para essa resposta: as diferenças entre os sistemas de cultivo e o efeito do ácido giberélico sobre o sistema radicular. Ao

Tabela 1. Percentagem de germinação e comprimento da parte aérea e da raiz das cultivares de arroz irrigado Irga 424 e Irga 425, submetidas a tratamento de sementes com substâncias com efeito de reguladores de crescimento, aos 7, 10 e 14 dias após a semeadura (DAS)⁽¹⁾.

Tratamento	7 DAS		10 DAS		14 DAS	
	Irga 424	Irga 425	Irga 424	Irga 425	Irga 424	Irga 425
Germinação (%)						
Testemunha	0d ^{ns(2)}	0d ^{ns}	60A ^{ns}	9Bc	65A ^{ns}	24Bd
Tiametoxam	34Ac	20Bc	60A	55Bb	66A	60Bc
Half Plus	60Ba	68Aa	66 ^{ns}	69a ^{ns}	70B	74Aa
Ácido giberélico	48Bb	54Ab	60 ^{ns}	64a ^{ns}	61B	66Ab
Média	36	36	61	49	65	56
CV (%)	9,8		10,6		7,6	
Comprimento da parte aérea (cm)						
Testemunha	0,22b ^{ns}	0,14b ^{ns}	1,13c	0,49c	2,86Ab	1,06Bb
Tiametoxam	0,11b ^{ns}	0,12b ^{ns}	1,76b	0,77c	2,59Ab	1,45Bb
Half Plus	0,15Bb	0,68Aa	1,96b	1,43b	2,79b ^{ns}	2,33a ^{ns}
Ácido giberélico	0,44Ba	0,76Aa	4,01a	1,90a	5,15Aa	2,31a
Média	0,23	0,43	2,22	1,15	3,35	1,79
CV (%)	12,8		15,3		13,9	
Comprimento do sistema radicular (cm)						
Testemunha	0,97Aa	0,50Bb	1,82Ad	1,01Bb	2,21Ab	1,21Bc
Tiametoxam	0,63Ab	0,41Bb	2,13Ac	1,16Bb	2,29Ab	1,45Bc
Half Plus	0,63Bb	1,29Aa	2,57Aa	1,82Ba	2,89Aa	2,13Ba
Ácido giberélico	0,82Ba	1,16Aa	2,22Ab	1,62Ba	2,24Ab	1,76Bb
Média	0,76	0,84	2,19	1,41	2,41	1,64
CV (%)	16,7		11,5		9,3	

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na comparação entre produtos e maiúsculas na comparação entre cultivares, não diferem, entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. ^{ns}Não significativo.

se considerar o alagamento antes da semeadura do arroz, alterações em relação à nutrição e à condição ambiental a qual a semente fica exposta no período inicial de germinação determinam diferenças importantes no estabelecimento da cultura. A manutenção de lâmina de água na área ocasiona alterações químicas e físicas no solo. Já as alterações de caráter químico resultam no processo de autocalagem, decorrente do processo de redução do solo (Vahl, 1999). Consequentemente, o pH é elevado para uma condição mais favorável de crescimento, o que favorece a disponibilização de nutrientes (Fageria et al., 2011). Além disso, a água tem papel termorregulador nesse sistema, pois evita quedas ou elevações acentuadas de temperatura (Figura 1). Uma condição de melhor fertilidade e com temperatura mais elevada torna a plântula menos exposta a estresses nesse ambiente. No entanto, a manutenção da lâmina de água dificulta a fixação das plântulas de arroz, as quais podem desprender-se do solo e comprometer o estabelecimento inicial da cultura. Além disso, o excessivo alongamento do mesocótilo, mencionado anteriormente, ocasionado pela aplicação de ácido giberélico, pode comprometer o desenvolvimento do sistema radicular das plântulas. A associação dessa característica com o estresse causado pela ação dos ventos e da chuva, provavelmente, é uma das causas da redução no estande inicial observada no tratamento com ácido giberélico.

No tratamento com ácido giberélico, a maior estatura das plantas foi constatada apenas no estágio V1, para a cultivar Irga 425, no sistema pré-germinado, enquanto, no sistema convencional, os sintomas de estiolamento foram verificados nas duas cultivares até V5 (Tabela 3). A diferença básica está na temperatura do ambiente para o estabelecimento da cultura (Figura 1). As temperaturas mais baixas observadas no sistema convencional podem induzir a redução de quase 50% no conteúdo endógeno de ácido giberélico nas plantas, quando entre 11 e 18°C, o que, consequentemente, ocasiona aumento da sensibilidade a aplicações exógenas de ácido giberélico e acarreta excessivo alongamento foliar (Pinthus et al., 1989), em razão da potencialização da dose utilizada.

Além do aumento em estatura, observou-se efeito do ácido giberélico na quantidade de colmos por planta (Tabela 2) e na produção de matéria seca (Tabela 3). O estresse causado na planta atrasou a emissão de novas folhas, retardou o crescimento vegetativo e resultou em menor acúmulo de matéria seca nesse tratamento. O efeito foi mais pronunciado no sistema convencional, tendo permanecido até o estágio V5, para a cultivar Irga 425. A maior estatura e o menor acúmulo de matéria seca proporcionaram maior espaço entre plantas. A maior quantidade de área disponível no dossel vegetativo, estimula o perfilhamento do arroz (Prabha et al., 2011), o que aumentou a emissão de colmos, nos

Tabela 2. Estande inicial de plantas e número de colmos das cultivares de arroz irrigado Irga 424 e Irga 425, nos estádios V4, V5 e V9, submetidas a tratamento de sementes com substâncias com efeito de reguladores de crescimento, em sistemas de semeadura convencional e pré-germinado⁽¹⁾.

Tratamento	Estande (plantas m ⁻²)		Número de colmos por planta					
			V4 ⁽²⁾		V5		V9	
	Irga 424	Irga 425	Irga 424	Irga 425	Irga 424	Irga 425	Irga 424	Irga 425
Sistema convencional								
Testemunha	333 ^{ns}	327 ^{c^{ns}}	1,7Ab	1,0Bb	1,7b ^{ns}	1,5b ^{ns}	4,0A ^{ns}	2,5Bb
Tiametoxam	312B	484Aa	1,6Ab	1,1Bb	2,4Aa	1,5Bb	4,2A	1,9Bc
Half Plus	308 ^{ns}	346 ^{c^{ns}}	1,4b ^{ns}	1,5a ^{ns}	2,4a ^{ns}	2,3a ^{ns}	4,2A	2,8Ba
Ácido giberélico	353B	431Ab	2,3Aa	1,2Bb	2,5Aa	1,8Bb	3,6 ^{ns}	3,1a ^{ns}
Média	322	381	1,5	1,2	2,4	1,6	3,9	2,7
CV (%)	9,2		15,6		13,3		10,9	
Sistema pré-germinado								
Testemunha	184B ^{ns}	248Aa	2,8A ^{ns}	2,1B ^{ns}	5,0Aa	2,4Bb	7,8Ab	4,1Bc
Tiametoxam	200B	251Aa	2,5 ^{ns}	2,3 ^{ns}	3,4Ac	3,0Ba	7,7Ab	5,1Bb
Half Plus	149B	219Aa	2,8A	2,1B	4,8Aa	2,5Bb	8,8Aa	5,4Bb
Ácido giberélico	172 ^{ns}	176b ^{ns}	2,9A	1,9B	3,9Ab	3,2Ba	8,8Aa	6,6Ba
Média	182	229	2,7	2,0	4,2	2,8	8,0	5,0
CV (%)	13,2		10,0		9,0		8,0	

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na comparação entre produtos e maiúsculas na comparação entre cultivares, não diferem, entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. ⁽²⁾Escala fenológica do arroz irrigado segundo Counce et al. (2000).

dois sistemas de cultivo avaliados. Paralelamente a isso, o Haf Plus foi eficiente em estimular o perfilhamento das duas cultivares de arroz, independentemente do sistema utilizado, o que acarretou maior acúmulo de matéria seca até o estágio V5. Esse produto apresenta constituição basicamente orgânica, rica em nutrientes, principalmente nitrogênio, que é determinante na emissão de colmos em gramíneas (Zheng et al., 2008). Com isso, há incremento na biomassa vegetal.

Os componentes de produtividade foram afetados pelos produtos (Tabela 4). Houve incremento no número de panículas por metro quadrado, em comparação à testemunha. Porém, cada cultivar respondeu de forma diferenciada dentro de cada sistema. No sistema convencional, na cultivar Irga 424, o ácido giberélico apresentou 15% a mais de panículas que os demais tratamentos. Esse resultado foi consequência direta de um maior perfilhamento (Yoshida, 1981). No sistema pré-germinado, o ácido giberélico foi acompanhado do tiametoxam, com acréscimo de 11% de panículas quando comparados à testemunha. Para a cultivar Irga 425, todos os produtos proporcionaram 22% a mais de panículas que a testemunha, resultado que se repetiu no sistema pré-germinado, com o mesmo incremento.

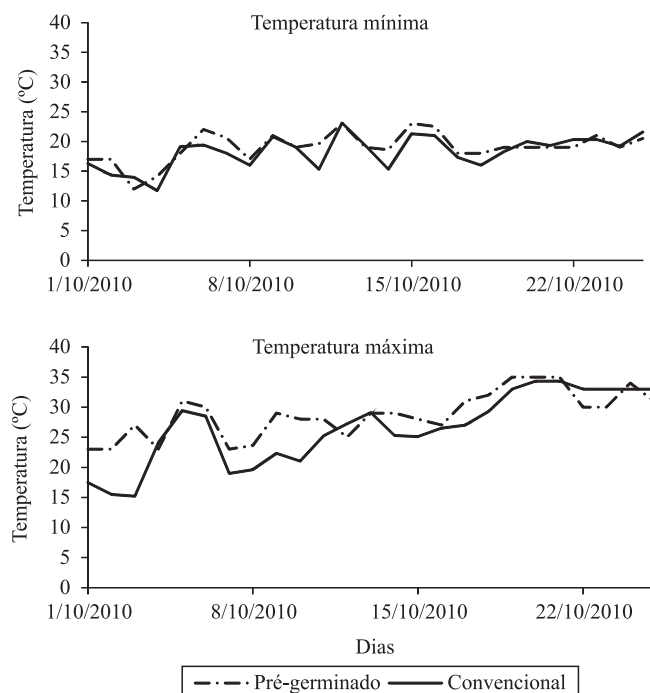


Figura 1. Temperatura mínima e máxima nos sistemas de cultivo convencional e pré-germinado, do dia da semeadura (1/10) ao estágio V2 (25/10), em Santa Maria, 2012.

Apesar da influência dos produtos até a pré-colheita, não houve diferença significativa na produtividade, nos dois sistemas avaliados. Foi observada alta esterilidade de, no tratamento com ácido giberélico na cultivar Irga 424, no sistema pré-germinado. Esse efeito do ácido giberélico foi relatado em estudos anteriores (Kariali & Mohapatra, 2007), que atribuíram essa elevada esterilidade a perfilhos terciários, pois o ácido giberélico induz o crescimento da planta-mãe e dos perfilhos primários, os quais exercem maior competição na partição da biomassa.

Tabela 3. Estatura de plantas e produção de matéria seca das cultivares de arroz irrigado Irga 424 e Irga 425, submetidas ao uso de substâncias com efeito de reguladores de crescimento, em sistemas de semeadura convencional e pré-germinado, nos estádios de desenvolvimento V1, V3 e V5⁽¹⁾.

Tratamento	V4 ⁽²⁾		V5		V9	
	Irga 424	Irga 425	Irga 424	Irga 425	Irga 424	Irga 425
Estatura de plantas (cm), sistema convencional						
Testemunha	8,3b ^{ns}	8,2 ^{ns}	9,4b ^{ns}	10,3b ^{ns}	25,1a ^{ns}	24,3b ^{ns}
Tiametoxam	7,5b ^{ns}	8,9 ^{ns}	8,7Ab	11,5Bb	22,6Bb	25,4Aa
Half Plus	7,8b ^{ns}	8,4 ^{ns}	10,6Ab	12,3Ba	23,0Bb	26,9Aa
Ácido giberélico	12,4Aa	10,1B	17,8Aa	12,8Ba	25,6Ba	22,9Ab
Média	9,0	8,9	11,6	11,7	24,1	24,9
CV (%)	13,4		11,0		6,8	
Estatura de plantas (cm), sistema pré-germinado						
Testemunha	13,3 ^{ns}	13,8b ^{ns}	21,3 ^{ns}	20,5 ^{ns}	30,9b ^{ns}	30,9b ^{ns}
Tiametoxam	14,9	15,7a	22,0	21,2	34,3a	33,7a
Half Plus	14,6	14,0b	22,2	21,8	32,4b	32,1b
Ácido giberélico	15,0	13,6b	21,4	20,9	31,5b	33,1a
Média	14,5	14,3	21,7	21,1	32,3	32,4
CV (%)	9,2		4,0		3,1	
Massa de matéria seca (kg ha ⁻¹), sistema convencional						
Testemunha	31A ^{ns}	27Bc	75a ^{ns}	79b ^{ns}	469Bc	734Ac
Tiametoxam	30B	42Aa	59Bc	94Aa	437Bc	954Ab
Half Plus	31 ^{ns}	34b ^{ns}	64Ba	89Aa	608Bb	1.190Aa
Ácido gibrélico	30 ^{ns}	33b ^{ns}	45c ^{ns}	48c ^{ns}	1.162Aa	717Bc
Média	30	34	60	77	669	899
CV (%)	10,2		10,5		14,0	
Massa de matéria seca (kg ha ⁻¹), sistema pré-germinado						
Testemunha	22b ^{ns}	22b ^{ns}	60a ^{ns}	68 ^{ns}	632 ^{ns}	601b ^{ns}
Tiametoxam	26Aa	23Bb	60a ^{ns}	56 ^{ns}	579 ^{ns}	574b ^{ns}
Half Plus	22b ^{ns}	22b ^{ns}	64a ^{ns}	64 ^{ns}	651B	834Aa
Ácido giberélico	19Bc	30Aa	43Bb	61A	535 ^{ns}	569b ^{ns}
Média	22	24	57	62	599	644
CV (%)	7,9		10,0		11,7	

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na comparação entre produtos e maiúsculas na comparação entre cultivares, não diferem, entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. ⁽²⁾Escala fenológica do arroz irrigado segundo Counce et al. (2000).

Tabela 4. Componentes de produção das cultivares de arroz irrigado Irga 424 e Irga 425, submetidas ao uso de substâncias com efeito de reguladores de crescimento, em sistemas de semeadura convencional e pré-germinado⁽¹⁾.

Tratamento	Panículas por m ²		Produtividade (kg ha ⁻¹)		Esterilidade (%)	
	Irga 424	Irga 425	Irga 424	Irga 425	Irga 424	Irga 425
Sistema convencional						
Testemunha	668Ab ⁽²⁾	500Bb	10.645 ^{ns}	10.122 ^{ns}	10,2a ^{ns}	10,4 ^{ns}
Tiametoxam	682Ab	594Ba	11.126 ^{ns}	10.729 ^{ns}	9,0Ba	10,5a
Half Plus	643b ^{ns}	612a ^{ns}	10.974 ^{ns}	10.001 ^{ns}	5,4Bb	11,3a
Ácido giberélico	787Aa	612Ba	11.331A	9.341B	5,3Bb	9,7a
Média	694	571	11.019	10.050	7,5	10,5
CV (%)	9,0		8,5		5,5	
Sistema pré-germinado						
Testemunha	896Ab	626Bb	9.686A ^{ns}	7.789B ^{ns}	8,5b ^{ns}	7,8a ^{ns}
Tiametoxam	985Aa	731Ba	9.562A	8.120B	7,9Ab	5,7Bb
Half Plus	795c ^{ns}	728a ^{ns}	9.417A	7.474B	5,3Bc	6,9Aa
Ácido giberélico	997Aa	759Ba	9.144A	7.916B	13,4Aa	4,4Bb
Média	897	703	9.452	7.825	8,8	6,2
CV (%)	7,5		6,1		4,3	

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na comparação entre produtos e maiúsculas na comparação entre cultivares, não diferem, entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Conclusões

1. Em ambiente controlado, as substâncias com efeito de reguladores de crescimento estimulam a germinação das sementes, de acordo com a cultivar utilizada.

2. Essas substâncias, quando utilizadas a campo, apresentam maior influência sobre as plantas cultivadas no sistema convencional, efeito que também é dependente da cultivar utilizada.

3. O ácido giberélico causa efeitos negativos no desempenho inicial das cultivares, enquanto o Tiametoxam e o Haf Plus estimulam o perfilhamento das cultivares de arroz, nos dois sistemas de cultivo.

4. Apesar de todos os produtos utilizados estimularem o número de panículas por metro quadrado, não há influência na produtividade de grãos, independentemente do sistema de cultivo utilizado.

Referências

- ARROZ IRRIGADO: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil 28. Bento Gonçalves: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, 2010. 188p.
- COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. *Crop Science*, v.40, p.436-443, 2000.
- CRUZ, R.P. da; DUARTE, I.T. de L.; CABREIRA, C. Inheritance of rice cold tolerance at the seedling stage. *Scientia Agricola*, v.67, p.669-674, 2010.

DAI, C.; XUE, H. Rice early flowering1, a CKI, phosphorylates DELLA protein SLR1 to negatively regulate gibberellin signaling. *EMBO Journal*, v.29, p.1916-1927, 2010.

FAGERIA, N.K.; CARVALHO, G.D.; SANTOS, A.B.; FERREIRA, E.P.B.; KNUPP, A.M. Chemistry of lowland rice soils and nutrient availability. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.42, p.1913-1933, 2011.

FAROOQ, M.; SIDDIQUE, K.H.M.; REHMAN, H.; AZIZ, T.; LEE, D.; WAHID, A. Rice direct seeding: experiences, challenges and opportunities. *Soil and Tillage Research*, v.111, p.87-98, 2011.

FORD, K.A.; CASIDA, J.E.; CHANDRAN, D.; GULEVICH, A.G.; OKRENT, R.A.; DURKIN, K.A.; SARPONG, R.; BUNNELLE, E.M.; WILDERMUTH, M.C. Neonicotinoid insecticides induce salicylate-associated plant defense responses. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v.107, p.17527-17532, 2010.

GAZZONI, D.L. Hormônios vegetais. In: GAZZONI, D.L. (Ed.). *Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira*. São Paulo: Vozes, 2009.

HORII, A.; MCCUE, P.; SHETTY, K. Enhancement of seed vigour following insecticide and phenolic elicitor treatment. *Bioresource Technology*, v.98, p.623-632, 2007.

ISMAIL, A.M.; ELLA, E.S.; VERGARA, G.V.; MACKILL, D.J. Mechanisms associated with tolerance for flooding during germination and early seedling growth in rice (*Oryza sativa*). *Annals of Botany*, v.103, p.197-209, 2009.

KARIALI, E.; MOHAPATRA, P.K. Hormonal regulation of tiller dynamics in differentially-tillering rice cultivars. *Plant Growth Regulation*, v.53, p.215-223, 2007.

KÜLEN, O.; STUSHNOFF, C.; DAVIDSON, R.D.; HOLM, D.G.M. Gibberellic acid and ethephon alter potato minituber bud

- dormancy and improve seed tuber yield. **American Journal of Potato Research**, v.88, p.167-174, 2011.
- LAUXEN, L.R.; VILLELA, F.A.; SOARES, R.C. Desempenho fisiológico de sementes de algodoeiro tratadas com tiametoxam. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, p.61-68, 2010.
- LEITE, V.M.; ROSOLEM, C.A.; RODRIGUES, J.D. Gibberellin and cytokinin effects on soybean growth. **Scientia Agricola**, v.60, p.537-541, 2003.
- MACEDO, W.R.; CASTRO, P.R. de C. Thiamethoxam: molecule moderator of growth, metabolism and production of spring wheat. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.100, p.299-304, 2011.
- MARCHEZAN, E.; GARCIA, G.A.; CAMARGO, E.R.; MASSONI, P.F.S.; AROSEMENA, D.R.; OLIVEIRA, A.P.B.B. de. Manejo da irrigação em cultivares de arroz no sistema pré-germinado. **Ciência Rural**, v.37, p.45-50, 2007.
- MARCHEZAN, E.; RABAIOLI, E.C.; LOPES, S.I.G.; SANTOS, F.M. dos; MICHELON, S. Desempenho de genótipos de arroz irrigado cultivados no sistema pré-germinado com inundação contínua. **Ciência rural**, v.34, p.1349-1354, 2004.
- O'BRIEN, R.; FOWKES, N.; BASSOM, A.P. Models for gibberellic acid transport and enzyme production and transport in the aleurone layer of barley. **Journal of Theoretical Biology**, v.267, p.15-21, 2010.
- PINTHUS, M.J.; GALE, M.D.; APPLEFORD, N.E.J.; LENTON, J.R. Effect of temperature on gibberellin (GA) responsiveness and on endogenous GA₁ content of tall and dwarf wheat genotypes. **Plant Physiology**, v.90, p.854-859, 1989.
- PRABHA, A.C.S.; THIYAGARAJAN, T.M.; SENTHIVELU, M. System of rice intensification principles on growth parameters, yield attributes and yields of rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Agronomy**, v.10, p.27-33, 2011.
- RAYORATH, P.; KHAN, W.; PALANISAMY, R.; MACKINNON, S.L.; STEFANOVA, R.; HANKINS, S.D.; CRITCHLEY, A.T.; PRITHIVIRAJ, B. Extracts of the Brown Seaweed *Ascophyllum nodosum* induce gibberellic acid (GA₃)-independent amylase activity in barley. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.27, p.370-379, 2008.
- REGRAS para análise de sementes. Brasília: MAPA, 2009. 399p.
- SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; OLIVEIRA, J.B. de; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- SILVA, R.H. da; LAURETTI, R.L.B.; CRUSCIOL, C.A.C.; ANDREOTTI, M.; GONÇALVES, J.R.P. Estabelecimento de plantas e produtividade de grãos de duas cultivares de arroz no sistema pré-germinado. **Acta Scientiarum**, v.24, p.1413-1418, 2002.
- TAVARES, S.; CASTRO, P.R.C.; RIBEIRO, R.V.; ARAMAKI, P.H. Avaliação dos efeitos fisiológicos de tiametoxam no tratamento de sementes de soja. **Revista de Agricultura**, v.82, p.47-54, 2007.
- TINARELLI, A. **El arroz**. 2.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1989. 575p.
- VAHL, L.C. Fertilidade de solos de várzea. In: GOMES, A. da S.; PAULETTO, E.A. (Ed.). **Manejo do solo e da água em áreas de várzea**. Pelotas: Embrapa-CPACT, 1999. p.119-162.
- YAMAGUCHI, S. Gibberellin metabolism and its regulation. *Annual Review of Plant Biology*, v.59, p.225-251, 2008.
- YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: International Rice Research Institute, 1981. 269p.
- ZHENG, Y.-M.; DING, Y.-F.; WANG, Q.-S.; LI, G.-H.; WANG, H.-Z.; WANG, S.-H. Effect of nitrogen applied before transplanting on tillering and nitrogen utilization in rice. **Acta Agronomica Sinica**, v.34, p.513-519, 2008.

Recebido em 21 de janeiro de 2012 e aprovado em 30 de maio de 2012

NOTA CIENTÍFICA

Aplicação de fungicida em plantas de arroz irrigado e seu efeito na qualidade de sementes durante o armazenamento¹

Gustavo Mack Teló^{2*}, Enio Marchesan², Rafael Bruck Ferreira², Nilson Lemos de Menezes², Dâmaris Sulzbach Santos Hansel², Gerson Meneghetti Sarzi Sartori²

RESUMO - O armazenamento de sementes de arroz irrigado consiste na preservação da qualidade fisiológica das sementes para novos cultivos, podendo associar a aplicação de fungicida na parte aérea das plantas, como auxílio para manter esta qualidade. Objetivou-se com esta pesquisa avaliar o efeito da mistura fungicida de propiconazol+trifloxistrobina na parte aérea das plantas, em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura do arroz irrigado, sobre a qualidade fisiológica e sanitária de sementes produzidas e armazenadas em dois ambientes, por seis meses. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial (4x2x4), sendo os fatores; aplicação da mistura do fungicida propiconazol+trifloxistrobina na parte aérea das plantas nos estádios R₂, R₃, R₂+R₄ e sem a aplicação de fungicida durante o ciclo da cultura; dois locais de armazenamento (câmara fria e seca e armazém) e 0, 2, 4 e 6 meses de armazenamento. Conclui-se que o uso de duas aplicações da mistura fungicida (propiconazol+trifloxistrobina) reflete-se positivamente na germinação e no vigor das sementes, bem como na redução da incidência de fungos associados às sementes; o aumento do tempo de armazenamento reduz o vigor e a germinação das sementes, independentemente das condições do armazenamento, no entanto, a incidência de fungos associados às sementes é menor em câmara fria e seca.

Termos para indexação: *Oryza Sativa* L, germinação de sementes, sanidade das sementes.

Foliar application of fungicide on irrigated rice plants and the effect on seed quality during storage

ABSTRACT - The storage of irrigated rice seeds consists of the preservation of seed physiological quality for new crops and may involve fungicide applications to the plant canopy in order to maintain this. The objective of this study was to evaluate the effect of the fungicide mixture of propiconazole+trifloxystrobin applied to the plant canopy at different developmental stages of irrigated rice, on the physiological and sanitary quality of seeds produced and stored in two locations, for six months. The experimental design was randomized blocks with four replications in a factorial scheme (4x2x4), with the factors being: application of the fungicide mixture propiconazole+trifloxystrobin on plant canopy at stages R₂, R₃, R₂+R₄ and plants with no fungicide applications during the growing cycle; two storage locations (cold and dry chamber and warehouse) and 0, 2, 4, and 6 months of storage. We conclude that the use of two applications of the fungicide mixture (propiconazole +trifloxystrobin) benefits germination and seed vigor,

¹Submetido em 26/07/2010. Aceito para publicação em 31/08/2011.

²Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil.

*Autor para correspondência <gustavo.telo@yahoo.com.br>

as well as reducing the incidence of fungi associated with seeds; the increase of storage time reduces seed vigor and germination, independent of the storage conditions, but the incidence of fungi associated with seeds in a cold and dry chamber is smaller.

Index terms: *Oryza sativa* L, seed germination, seed health.

Introdução

O emprego de medidas integradas de manejo visando boa sanidade das lavouras de arroz irrigado influencia diretamente no desenvolvimento das plantas e sementes, bem como na qualidade do produto colhido. O uso de fungicidas interfere positivamente na lavoura, reduzindo os patógenos associados às sementes, especialmente, quando as condições meteorológicas são favoráveis à ocorrência de doenças fúngicas.

Além disso, a aplicação de fungicidas ocasiona retardamento da senescência nas plantas de arroz e, assim, proporciona maior produção de fotoassimilados e favorece o enchimento das sementes (Sofiatti et al., 2006). Deste modo, quanto maior a adequação do momento da aplicação e a eficiência do fungicida, para manter a área foliar verde, retardando o declínio da capacidade fotossintética resultante da severidade das doenças foliares, maiores são os benefícios na produção (Pommel et al., 2006).

Após a colheita, o armazenamento sob condições favoráveis é fundamental para a preservação da qualidade fisiológica e sanitária das sementes. As condições e o período de armazenamento são capazes de afetar o metabolismo das sementes e o desenvolvimento dos patógenos, sendo a temperatura e a umidade relativa do ar, quando elevados, os fatores mais influentes na redução da qualidade das sementes, durante esta fase (Druvefors e Schnürner, 2005).

O tipo e a incidência de fungos nas sementes variam com a etapa de produção, de acordo com Macedo et al. (2002), sendo que a incidência de patógenos presentes na etapa de campo, diminuem durante o armazenamento, enquanto a incidência de fungos de armazenamento como *Penicillium* spp. e *Aspergillus* spp. aumentam nesse período.

A germinação e o vigor das sementes de arroz podem ser afetados durante o período de armazenamento (Vieira et al., 2002; Smiderle e Dias 2011). Tal fato já foi verificado por Schuch et al. (2006) que observaram redução de 36% na germinação das sementes de arroz da

cultivar BR-IRGA 410 durante o período de seis meses de armazenamento. A redução no vigor pode ser maior do que na germinação das sementes, como relataram Figueiredo et al. (1998), quando constataram redução de 23 pontos percentuais, enquanto a germinação reduziu 18%, em seis meses de armazenamento.

Apesar dos efeitos positivos proporcionados pelo uso de fungicidas em arroz, pouco se tem estudado a respeito da associação das épocas de aplicação desta prática de manejo em campos de arroz irrigado e a qualidade fisiológica e sanitária de sementes em diferentes condições de armazenamento.

Objetivou-se com esta pesquisa avaliar o efeito da mistura fungicida propiconazol+trifloxistrobina na parte aérea das plantas, em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura do arroz irrigado, sobre a qualidade fisiológica e sanitária de sementes produzidas e armazenadas em dois ambientes durante seis meses.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado a partir do experimento implantado em 2008/09, em área de várzea, na estação de crescimento do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria-RS. A semeadura do arroz ocorreu no dia oito de dezembro de 2008, na densidade de 100 kg ha⁻¹ de sementes da cultivar IRGA 417. As unidades experimentais foram constituídas por nove linhas, espaçadas em 0,17 m e com 5,00 m de comprimento. A adubação de base e de cobertura, bem como, os demais tratamentos culturais foram executadas conforme recomendação técnica para a cultura do arroz (Sosbai, 2007).

Os tratamentos consistiram da aplicação de fungicida na parte aérea das plantas em diferentes estádios de desenvolvimento, do armazenamento das sementes em dois locais e da avaliação de aspectos fisiológicos e sanitários durante seis meses.

As aplicações de fungicida na parte aérea das plantas foram realizadas através da pulverização da mistura formulada de propiconazol+trifloxistrobina, na dose de 93,75 g i.a. ha⁻¹ + 93,75 g i.a. ha⁻¹, respectivamente,

para os tratamentos com uma aplicação de fungicida no estádio R_2 e no estádio R_3 , e na dose de $75,0 \text{ g i.a. ha}^{-1} + 75,0 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ da mistura formulada de propiconazol+trifloxistrobina, respectivamente, para duas aplicações de fungicida no estádio R_2+R_4 segundo a escala de Counce et al., (2000) com adição de 500 mL ha^{-1} de óleo mineral, conforme as recomendações do produto. As aplicações foram realizadas com pulverizador costal propelido a CO_2 (pressão de 40 lbs pol^{-2}), utilizando-se uma barra com quatro pontas de pulverização cone vazio (Jacto JA-2), espaçadas $0,50 \text{ m}$, com volume de calda ajustado para 232 L ha^{-1} . Unidades não pulverizadas foram consideradas testemunhas.

As sementes produzidas nas unidades experimentais foram colhidas quando atingiram grau de umidade médio de $22,0\%$. Em seguida, realizou-se a trilha e a limpeza manual e a secagem com ventilação de ar forçado, com temperatura de $37 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, até atingirem grau de umidade médio de $13,0\%$. O material experimental foi separado em mini-sacos de rãfia, sendo armazenados em dois locais: *câmara fria e seca*: armazenamento na Câmara Fria e Seca do Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal de Santa Maria, com temperatura controlada a $10 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar em torno de 30% ; *armazém*: armazenamento na unidade de armazenamento de sementes da Cooperativa Agrícola Mista Nova Palma Ltda., localizada no município de Dona Francisca, no Estado do Rio Grande do Sul, em condições comuns de armazém de alvenaria. Na unidade de armazenamento, foram monitoradas a temperatura e a umidade relativa do ar no armazém a cada 60 min , por meio de um Datalogger modelo System 30.30.15 e sensores específicos para medição de temperatura e umidade relativa do ar. Este monitoramento foi realizado em dois pontos dentro do armazém: entre as pilhas de sacaria de sementes e dentro da pilha de sacarias onde foram locadas as amostras do experimento. Com os dados coletados calcularam-se médias quinzenais para o monitoramento das condições durante o período de armazenamento.

Foram avaliados o teste de germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado e a qualidade sanitária das sementes, sendo esses realizados ao 0, 2, 4 e 6 meses de armazenamento.

O teste de germinação de sementes foi conduzido com quatro repetições de 100 sementes para cada tratamento, semeadas em rolos de papel germitest, mantidos no germinador regulado com temperatura constante de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. O volume de água utilizado para embebição das sementes

foi equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. A contagem foi realizada aos cinco e 14 dias após o início do teste, considerando os critérios estabelecidos pelas Regras de Análise de Sementes (Brasil, 2009). A avaliação da primeira contagem de germinação foi realizada em conjunto com o teste de germinação, no quinto dia após a instalação do teste. Foi determinado o percentual de plântulas normais, computando-se aquelas com tamanho superior a dois centímetros de parte aérea e dois centímetros de parte radicular (totalizando quatro centímetros). O resultado dos dois testes foi expresso em porcentagem de plântulas normais.

Para o teste de envelhecimento acelerado das sementes utilizaram-se caixas plásticas do tipo gerbox, com bandejas teladas suspensas. Após a adição de 40 mL de água destilada nas caixas, foram distribuídas uniformemente 500 sementes de cada tratamento sobre a tela e depois as caixas plásticas foram fechadas e mantidas em estufa a $42 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 96 horas. Após este período, as sementes foram semeadas em rolos de papel germitest no mesmo procedimento apresentado para o teste de germinação de sementes. A avaliação foi realizada no quinto dia após a instalação do teste, sendo os resultados expressos em porcentual de plântulas normais.

A análise da qualidade sanitária das sementes foi avaliada pelo método do papel germitest ou “Blotter test”. Para este, utilizou-se caixas plásticas do tipo gerbox, desinfetadas superficialmente com álcool 70% , para eliminação de contaminantes saprófitas. Foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes, totalizando 100 sementes por amostra. As sementes foram incubadas em ambiente controlado ($25 \text{ }^\circ\text{C}$), por 24 horas e após esse período foram acondicionadas por mais 24 horas em temperatura controlada a $-18 \text{ }^\circ\text{C}$. Depois desse procedimento, as sementes foram novamente incubadas em ambiente controlado de $25 \text{ }^\circ\text{C}$, por sete dias com fotoperíodo de 12 h . A seguir, as sementes foram avaliadas individualmente em lupa onde se observou a coloração e a esporulação do fungo, para a identificação e quantificação dos fungos, expressando a porcentagem de fungos associados às sementes.

O delineamento experimental para análise dos dados foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial ($4 \times 2 \times 4$), com quatro repetições. Os parâmetros avaliados foram submetidos ao teste das pressuposições do modelo matemático (normalidade e homogeneidade das variâncias). A variável germinação de semente, primeira contagem da

germinação e envelhecimento acelerado de sementes foram transformados para $=\sqrt{(\cdot + 0,5)}$. Para incidência de fungos patogênicos, os resultados foram transformados para sendo que os dados apresentados são os 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, foram submetidas à análise de regressão polinomial, testando-se os modelos lineares e quadráticos, através do pacote estatístico SISVAR versão 5.0 (Ferreira, 2000).

Resultados e Discussão

Os resultados das avaliações de germinação, primeira contagem de germinação e envelhecimento acelerado das sementes não apresentaram interação entre os fatores avaliados

(aplicação de fungicida x local de armazenamento x tempo de armazenamento). O local de armazenamento não influenciou na germinação das sementes (Tabela 1), mostrando que as condições normais de ambiente, nas quais as sementes foram armazenadas no município de Dona Francisca-RS (armazém) não produziram efeitos danosos capazes de diferirem do armazenamento em local com condições controladas de temperatura e umidade relativa do ar (câmara fria e seca). Entretanto, o uso de fungicida produziu efeito significativo sobre a qualidade das sementes, pois a aplicação resultou em maior porcentagem média de germinação, sendo este acréscimo mais evidente quando realizada uma aplicação no estádio R_3 ou duas aplicações (no estádio R_2+R_4). Estes resultados corroboram com os apresentados por Marzari et al. (2007), destacando que uma aplicação de fungicida no estádio R_2 apresentou acréscimo de 4% na germinação das sementes.

Tabela 1. Germinação de sementes (GS), primeira contagem de germinação (PCG) e envelhecimento acelerado de sementes (EA) em função do uso de fungicida com mistura formulada de propiconazol+trifloxistrobina na parte aérea das plantas e do local de armazenamento.

Local de armazenamento	GS	PCG	EA
	----- % -----		
Câmara fria e seca	88 ^{ns1}	77 a ²	58 ^{ns}
Armazém	87	74 b	56
Aplicação de Fungicida			
Testemunha	83 b	74 b	53 b
Aplicação em R_2	87 ab	74 b	54 b
Aplicação em R_3	89 a	76 ab	59 a
Aplicação em R_2+R_4	90 a	79 a	61 a
Média	87	76	57
CV ₁ (%) ³	2,5	2,8	3,0
CV ₂ (%) ⁴	3,8	3,9	3,6
CV ₃ (%) ⁵	2,7	2,3	3,4

¹Teste F não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro. ²Médias não seguidas pela mesma letra diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

³Coeficiente de variação do fator principal. ⁴Coeficiente de variação da subfator. ⁵Coeficiente de variação da sub-subfator.

Para o teste de primeira contagem de germinação de sementes, o local de armazenamento e o uso de fungicida apresentaram influência sobre a porcentagem de plântulas normais. Em condições controladas de temperatura e umidade relativa do ar, as sementes apresentaram maiores percentuais quando comparado com o local de armazenamento sem controle da temperatura e umidade relativa do ar. Isto pode estar relacionado às oscilações de temperatura e umidade relativa do ar ocorrida no armazém (Figura 1), pois segundo

Canepelle et al. (1995) durante o armazenamento o processo de deterioração das sementes é acelerado, principalmente quando há oscilações da umidade relativa do ar. De acordo com Baudet (1996), o aumento da umidade relativa do ar no local de armazenamento, resulta no aumento da respiração das sementes, e assim desencadeando processos como o aumento da atividade enzimática (enzimas hidrolíticas) e da atividade dos ácidos graxos livres e, conseqüentemente, iniciando a deterioração das sementes.

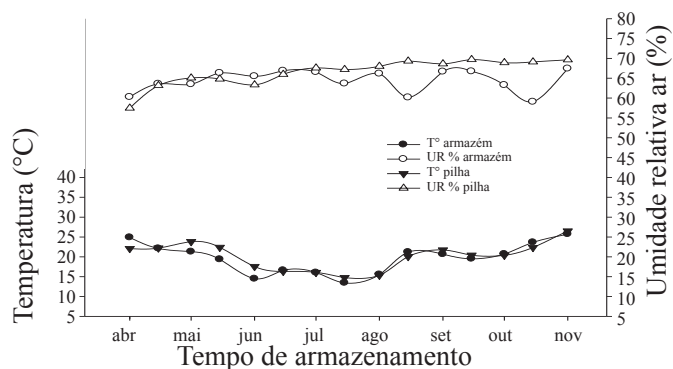


Figura 1. Médias quinzenais do monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar, entre as pilhas de sementes (armazém) e dentro da pilha onde foram locadas as amostras do experimento (pilha), durante período de armazenamento das sementes no município de Dona Francisca (armazém).

Quanto ao uso de fungicida, a realização de duas aplicações (no estágio R_2+R_4) de modo geral refletiram em maior vigor das sementes, embora não tenha diferido de uma aplicação no estágio R_3 , podendo estar associado à sanidade das sementes, resultado do maior período de proteção das plantas durante a fase de maturação.

Para o teste de envelhecimento acelerado das sementes, o local de armazenamento não influenciou no percentual de plântulas normais, porém, o uso de fungicida resultou na manutenção do vigor das sementes, sendo este mais evidente quando a aplicação de fungicida foi realizada no estágio R_3 ou no estágio R_2+R_4 .

O período de armazenamento afetou a germinação das sementes (Figura 2), variando entre 92 e 85%, sendo que a porcentagem mais elevada foi observada no segundo mês de armazenamento. Figueiredo et al. (1998) estudaram a influência de diferentes locais de armazenamento (armazéns) durante o período de seis meses para a cultivar BR-IRGA 409 e observaram redução da germinação das sementes de até 35% com o decorrer do tempo de armazenamento. Essa redução na germinação durante o armazenamento é previsível, como destacaram Binotti et al. (2007), que observaram uma redução de 8%, na germinação das sementes da cultivar BRS-Talento ao final do período de armazenamento. Ainda nessa figura, no teste de primeira contagem de germinação, o comportamento apresentado foi semelhante ao observado para o teste de germinação, havendo redução no número de plântulas normais com o aumento do tempo de armazenagem. Já o teste de envelhecimento acelerado, baseado na simulação de fatores ambientais adversos, mostrou que os resultados corroboram

com os já apresentados para o teste de primeira contagem de germinação, porém com maior redução de plântulas normais.

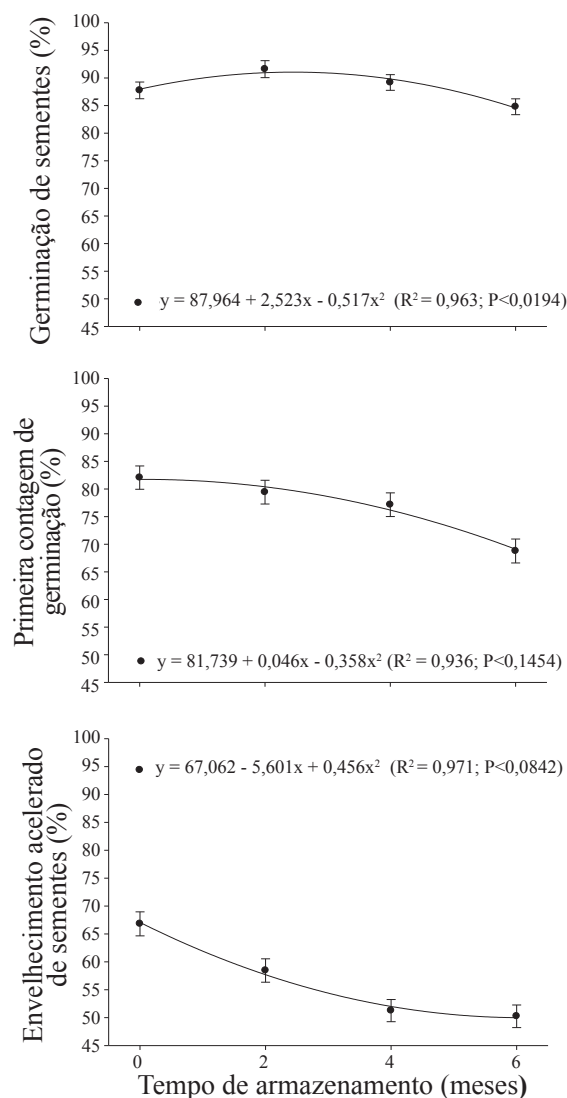


Figura 2. Porcentagens de plântulas normais no teste de germinação, primeira contagem da germinação e envelhecimento acelerado, em função do tempo de armazenamento das sementes de arroz irrigado, cultivar IRGA 417.

Para a incidência de fungos associados às sementes de arroz (Figura 3), verificou-se que os gêneros *Aspergillus* spp., *Helminthosporium* spp., *Phoma* spp., *Alternaria* spp. e *Nigrospora* spp. apresentaram interação tripla entre os fatores em estudo (aplicação de fungicida x local de armazenamento x tempo de armazenamento).

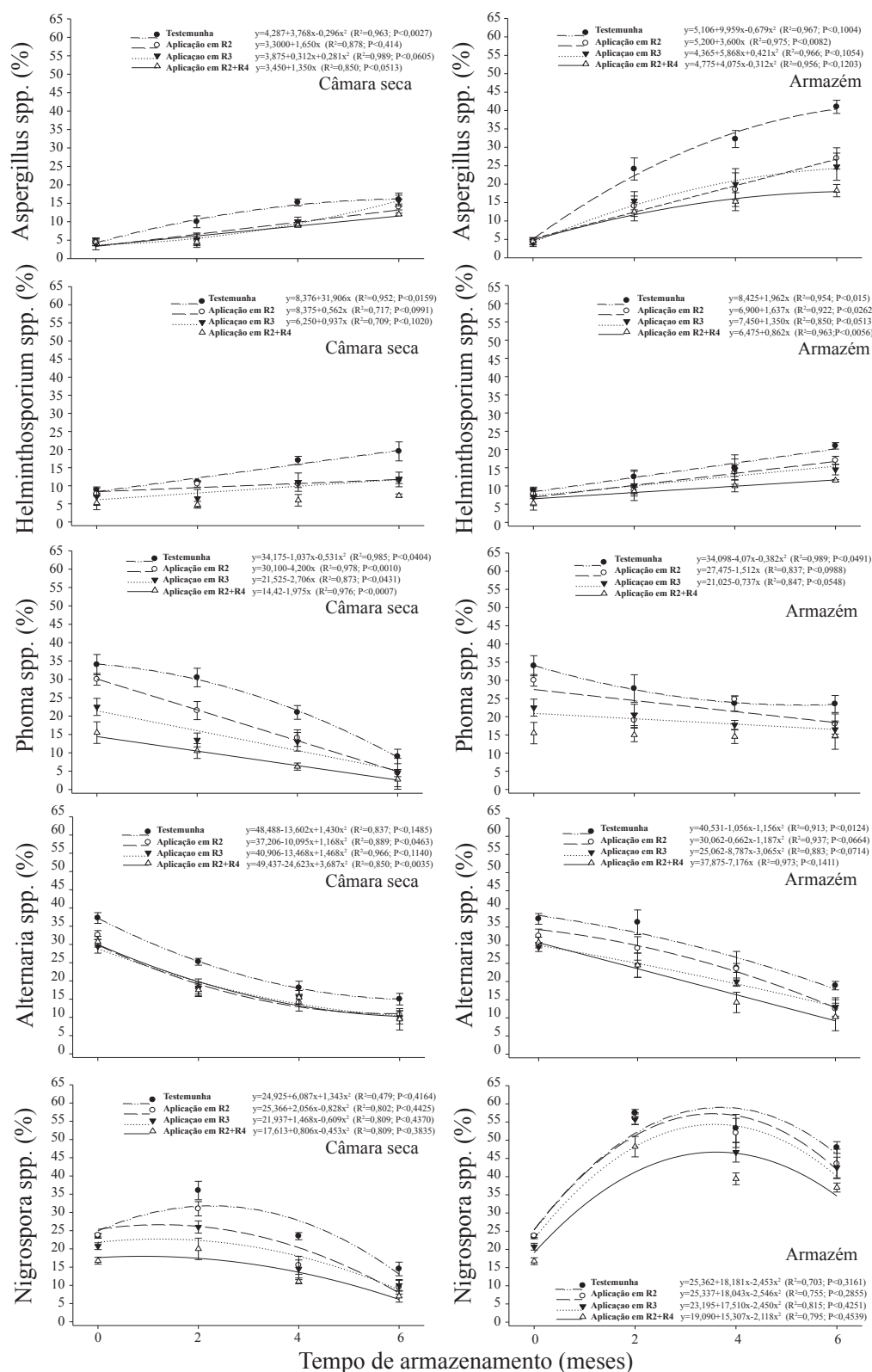


Figura 3. Incidência de *Aspergillus* spp., *Helminthosporium* spp., *Phoma* spp., *Alternaria* spp. e *Nigrospora* spp., em função do momento de aplicação de fungicida com mistura formulada de propiconazol+trifloxistrobina, local e do tempo de armazenamento das sementes de arroz irrigado, cultivar IRGA 417.

A incidência do fungo *Aspergillus* spp. cresceu com o aumento do tempo de armazenamento, sendo que na câmara fria e seca, a elevação deste fungo foi em proporções menores quando comparado com o armazém. Este comportamento está relacionado às condições da armazenagem, onde não houve controle de temperatura e umidade relativa do ar, pois o *Aspergillus* spp. desenvolve-se tanto em substratos com umidade entre 22-23% e umidade relativa do ar entre 90-100%, quanto com umidade de 12,0% e umidade relativa do ar de 70-90% (Medina et al., 2006). Entretanto, a temperatura é menos restritiva do que a umidade relativa do ar no que diz respeito ao crescimento fúngico e produção de micotoxinas, sendo que a temperatura ótima de crescimento dos fungos encontra-se na faixa de 25 a 28 °C (Marklinder et al., 2005; Saleemullah et al., 2006).

O uso de fungicida, independentemente do momento de aplicação mostrou-se importante, mitigando os níveis de fungos associados às sementes. No armazém observou maior incidência de *Aspergillus* spp., com o uso de duas aplicações de fungicida, proporcionando aumento na incidência de 13,7% durante o tempo de armazenamento, e para a testemunha (sem aplicação) esse aumento foi de 36,5%. O gênero *Aspergillus* spp. apresenta dominância nas sementes de arroz armazenadas, como observado por Lima et al. (2000) e Nunes et al. (2003). Para Garcia et al. (2002), este gênero tende aumentar com o tempo de armazenamento, sendo este fungo apontado como um dos principais agentes de deterioração das sementes.

A incidência de *Helminthosporium* spp. aumentou juntamente com o tempo de armazenamento das sementes, sem haver diferença na incidência entre os diferentes locais de armazenamento. Quanto ao uso de fungicida, duas aplicações se mostraram mais eficientes para a redução desses fungos nas sementes, sendo este efeito observado mais claramente, quando comparado com a testemunha, principalmente para as sementes armazenadas em armazém.

Para os fungos dos gêneros *Phoma* spp. e *Alternaria* spp., observou-se um declínio da sobrevivência destes fungos ao longo do tempo do armazenamento, sendo mais evidente na câmara fria e seca, provavelmente devido às condições controladas de temperatura e umidade relativa do ar. Em geral, o uso do fungicida resultou em menor incidência de fungos no início do armazenamento, porém com o avanço do tempo de armazenamento, seu efeito (independentemente do momento), não foi diferente em relação à testemunha.

Quanto à *Nigrospora* spp., observou-se um aumento da sua incidência durante os primeiros meses de armazenamento, sendo mais elevada no armazém e no tratamento sem aplicação de fungicida (testemunha). Esta elevação da incidência durante os primeiros meses de armazenamento das sementes, com posterior redução, também foi observado por Macedo et al. (2002), os quais estudaram a influência do armazenamento na qualidade sanitária de sementes de arroz num período de 12 meses, destacando que, de forma geral, para os “fungos de campo”, a partir do sexto mês, há tendência de diminuir de forma considerável, quando as condições de armazenamento não são favoráveis a estes.

Conclusões

O uso de duas aplicações de fungicida com mistura formulada de propiconazol+trifloxistrobina (no estágio R_2+R_4), na parte aérea das plantas de arroz mantém a germinação e o vigor das sementes elevados e reduz a incidência de fungos associados às sementes.

O aumento do tempo de armazenamento reduz o vigor e a germinação das sementes, independentemente das condições do armazenamento.

A incidência de fungos associados às sementes é menor em local de armazenamento com condições controladas de temperatura e de umidade relativa do ar.

Agradecimentos

À CAPES e ao CNPq, pelo suporte financeiro e pelas bolsas de estudo e produtividade em pesquisa concedidas aos pesquisadores Teló, Marchesan, Ferreira, Menezes e Sartori. Os autores agradecem a Cooperativa Agrícola Mista Nova Palma Ltda (CANMPAL) e ao Laboratório de Análise de Sementes da UFSM, pela concessão do uso de suas instalações de armazenamento de sementes.

Referências

- BAUDET, L.M.L. *Armazenamento de Sementes de Arroz*. Pelotas: Ed. Universitária- UFPEL, 1996, 655p.
- BINOTTI, F.F.S.; ARF, O.; FERNANDES, F.A.; SÁ, M.E. Qualidade industrial e fisiológica do arroz de terras altas irrigado. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.29, n.2, p.219-226, 2007. <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/viewDownloadInterstitial/255/114>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras*

para análise de sementes.

Food Additives and Contaminants,

ACS, 2009. 395p. http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/

JÚNIOR, H.C.; CARDOSO, A.A. Influência da embalagem, do

International Journal Food Microbiology,

Allium cepa *Revista Brasileira de Sementes*,

Ciência e Tecnologia de Alimentos,

Crop Science,

Yeast Research,

FEMS

allocation and grain filling in three maize hybrids differing in leaf
Journal of Agronomy,

Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,

Revista

SALEEMULLAH, A.I.; IQTIDAR A.K.; HAMIDULLAH, S. Aflatoxin
contents of stored and artificially inoculated cereals and nuts. *Food
Chemistry*,

Sistema SISVAR para análises estatísticas:

*Arroz Irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do
Brasil*.

Armazenamento,

Revista Brasileira de

Ciência Rural,

LIMA, C.A.P.; ORSI, R.B.; DILKIN, P.; CORRÊA, B. Mycoflora and
aflatoxigenic species in derivatives of milled rice. *Ciência e Tecnologia
de Alimentos*,

BRANÇÃO, M.F.; ROSENTHAL, M.D. Qualidade fisiológica e

MACEDO, E.C.; GROTH, D.; SOAVE, J. Influência da embalagem e
*Revista
Brasileira de Sementes*,

Revista Brasileira de Sementes,

Revista

Agroambiente,

Ciência Rural,

OLIVEIRA, J.A. Dormência e qualidade fisiológica de sementes de arroz
*Ciência
Agrotecnologia*, v.26, n.1, p.33-44, 2002. <http://www.editora.ufla.br/>

Consumer's ability to discriminate aflatoxin-contaminate Brasil nuts.

Aplicação de fungicida em cultivares de arroz irrigado e seu efeito na qualidade de sementes¹

Gustavo Mack Teló^{2*}, Enio Marchesan², Nilson Lemos de Menezes²,
Rafael Bruck Ferreira², Gerson Meneghetti Sarzi Sartori²,
Tiago Constante Formentini², Dâmaris Sulzbach Santos Hansel²

RESUMO - Objetivou-se com o presente trabalho verificar o efeito de fungicida aplicado na parte aérea de plantas de arroz irrigado, produzidas após a época preferencial, sobre a qualidade das sementes colhidas com diferentes graus de umidade. O experimento foi conduzido durante o ano agrícola de 2008/09, utilizando o delineamento experimental em blocos ao acaso em esquema fatorial, com cultivo em faixas e, com 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 foi realizada na parte aérea das plantas, em diferentes estádios de desenvolvimento (T1-testemunha sem aplicação de fungicida, T2-aplicação no estádio R₂, T3-aplicação no estádio R₃ e T4-aplicação no estádio R₂+R₄). A colheita do arroz foi realizada na sub-subparcela, com grau de umidade médio das sementes em torno de 24, 22, 20, 18, 16 e 14%. A aplicação do fungicida com mistura formulada de propiconazol+trifloxistrobina, quando realizadas duas aplicações (no estádio R₂+R₄) mantém elevada a qualidade fisiológica das sementes de arroz. Há redução da germinação e do vigor das sementes de arroz com o atraso da colheita, sendo mais evidenciado para colheitas realizadas com o grau de umidade médio inferior a 22%.

Termos para indexação: *Oryza sativa* L., atraso na colheita, germinação, semeadura tardia.

Fungicide application on irrigated rice cultivars and the effect on seed quality

ABSTRACT - The objective of the present study was to verify the effect of aerial fungicide application on irrigated rice seeds, planted after the recommended period and harvested with different moisture contents. The experiment was conducted during the 2008/09 season, using an experimental design of randomized blocks in a factorial scheme, with strip plots and four replications. The main factor, in strip plots, was composed of four irrigated rice cultivars: BR-IRGA 409, IRGA 417, IRGA 422CL and IRGA 423. In the sub-plot, the fungicide was applied to the plant canopy at different development stages (T1- untreated check, T2- application in R₂ stage, T3- application in R₃ stage and T4- application in R₂+R₄ stages). Each strip in the sub-subplot was harvested with an average moisture content of 24, 22, 20, 18, 16 and 14%. Fungicide application of a formulated mixture of propiconazole+trifloxystrobin maintains the physiological quality of the rice seeds high, especially with two applications (at the stage R₂+R₄). There is a reduction in rice seed germination and vigor with delayed harvest, which was more evident when the average moisture content at harvest was below 22%.

Index terms: *Oryza sativa* L., late harvesting, germination, delayed sowing.

¹Submetido em 29/11/2010 . Aceito para publicação em 22/09/2011.

²Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900 - Santa Maria, RS, Brasil.

*Autor para correspondência <gustavo.telo@yahoo.com.br>

Introdução

A época de semeadura caracteriza-se como uma das principais práticas de manejo para obtenção de elevada produtividade na cultura do arroz irrigado. Além da produtividade, a qualidade fisiológica das sementes pode ser afetada por vários aspectos do manejo, de acordo com a cultivar utilizada, condições meteorológicas, uso de fungicidas, entre outros.

A qualidade das sementes de arroz é o somatório de todos os atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários que influenciam a capacidade das sementes de originar plantas altamente produtivas. Esta qualidade pode influenciar em vários fatores, como por exemplo, no estande inicial de plantas, refletindo-se no rendimento da cultura (Marchesan et al., 2001; Marzari et al., 2007).

Conveniências na implantação da cultura do arroz irrigado facilitam as etapas posteriores, até mesmo o momento de colheita, o qual é de fundamental importância para se obter sementes de melhor qualidade (Smiderle e Dias 2011), destacando que no processo de formação das mesmas considera-se como ponto de máxima qualidade a maturidade fisiológica, na qual a semente apresenta maior germinação e vigor, porém, nesse momento a umidade das sementes é considerada elevada para realização da colheita (Carvalho e Nakagawa, 2000).

No entanto, com o atraso da colheita as sementes ficam mais expostas aos processos de umedecimento e secagem alternados, no campo, podendo ocorrer fissuras através de toda a secção da semente, o que refletirá em redução na germinação e no vigor das sementes (Smiderle e Pereira, 2008), esses danos ocorrem em função da rápida e diferenciada absorção de água pelos diferentes tecidos e a subsequente deterioração destes (Peske et al., 2006). Além disso, a redução do vigor das plântulas é decorrente da menor disponibilidade de endosperma e, conseqüentemente, de nutrientes requeridos durante a fase de germinação e emergência (Steffe et al., 1980), resultante da fissura das mesmas.

Outra prática importante visando manutenção do potencial produtivo e qualidade de sementes é o uso de fungicidas, pois, na condição de clima subtropical, as doenças da parte aérea são economicamente relevantes, estando relacionadas com as condições meteorológicas e com o manejo da lavoura, manifestando-se mais intensamente a partir da floração (Marzari et al., 2007), podendo apresentar maior ocorrência em semeaduras tardias. Desta forma, é importante definir o melhor

momento da aplicação de fungicida para cada cultivar de arroz irrigado, de forma a otimizar o período de proteção das plantas. Autores como Menezes et al. (2004) e Freitas et al., (2008) alertam que, além da elevação da ocorrência de doenças fúngicas, semeaduras realizadas fora da época preferencial expõem as plantas a menor taxa de radiação solar, resultando num menor acúmulo de fotoassimilados.

Além da produtividade, é necessário avaliar o efeito do fungicida na qualidade de sementes. A hipótese testada neste trabalho é de que o uso de fungicida mantém a qualidade de sementes, especialmente quando colhidas com grau de umidade abaixo do recomendado, devido à manutenção de área foliar fotossinteticamente ativa por mais tempo. A elevação da severidade de doenças foliares durante a fase reprodutiva e de maturação, segundo Bethenod et al. (2005), reduz a capacidade de produção de fotoassimilados, e assim prejudica a formação de sementes. Em trigo, o controle de doenças foliares com fungicida reflete na taxa e na duração do enchimento de grãos, como destacam Dimmock e Gooding (2002), em função da maior duração da área verde da folha bandeira. Da mesma forma, o controle de doenças foliares, através deste uso, eleva a qualidade fisiológica das sementes de arroz (Sofiatti e Schuch, 2005).

Assim, objetivou-se com o presente trabalho verificar o efeito de fungicida aplicado na parte aérea de plantas de arroz irrigado, produzidas após a época preferencial, sobre a qualidade das sementes colhidas com diferentes graus de umidade.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido durante o ano agrícola de 2008/09, na área didático experimental de várzea do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial, com cultivo em faixas (4x4x6), com quatro repetições. O primeiro fator, constituído em faixas, foi composto por quatro cultivares de arroz irrigado: BR-IRGA 409, IRGA 417, IRGA 422CL e IRGA 423. A semeadura ocorreu no dia 08 de dezembro de 2008, na densidade de 100 kg ha⁻¹ de semente para todas as cultivares. Cada parcela foi constituída por 9 linhas espaçadas em 0,17 m e com 7 m de comprimento. A adubação de base foi procedida com a distribuição na linha de semeadura de 17,5 kg ha⁻¹ de N, 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 105 kg ha⁻¹ de K₂O. Os demais tratos

culturais foram conduzidos conforme as recomendações técnicas para a cultura (Sosbai, 2007).

O segundo fator foi constituído pela aplicação de fungicida na subparcela dentro de cada faixa, na parte aérea das plantas em diferentes estádios de desenvolvimento (T1-testemunha sem aplicação de fungicida, T2-aplicação no estádio R_2 , T3-aplicação no estádio R_3 e T4-aplicação no estádio R_2+R_4 , segundo a escala proposto por (Counce et al., 2000). As aplicações de fungicida na parte aérea das plantas foram realizadas através da pulverização da mistura formulada de propiconazol+trifloxistrobina, na dose de 93,75 g i.a. ha^{-1} + 93,75 g i.a. ha^{-1} , respectivamente, para os tratamentos com uma aplicação de fungicida (tratamentos T2 e T3), e na dosagem de 75,0 g i.a. ha^{-1} + 75,0 g i.a. ha^{-1} da mistura formulada de propiconazol+trifloxistrobina, quando realizadas duas aplicações de fungicida (tratamento T4), utilizando a dose conforme as recomendações do produto em função do número de aplicações com adição de 500 mL ha^{-1} de óleo mineral. As aplicações foram realizadas com pulverizador costal propelido a CO_2 (pressão de 40 lbs pol^{-2}), utilizando-se barra com quatro pontas de pulverização cone vazio (Jacto JA-2) espaçadas 0,50 m, com volume de calda ajustado para 232 L ha^{-1} .

O terceiro fator, foi constituído na subparcela dentro de cada faixa e dentro de cada sub-parcela, pela colheita das sementes com diferentes graus de umidade (24, 22, 20, 18, 16 e 14% de umidade). O monitoramento do grau de umidade médio das sementes foi realizado sempre no mesmo horário, no final da manhã, durante o período de colheita. A colheita e a trilha das sementes foram realizadas manualmente, sendo colhida uma área útil de 0,95 m^2 para cada grau de umidade, seguidas por pré-limpeza e secagem forçada com monitoramento da temperatura de 37 ± 2 °C até atingir umidade de 13%.

O teste de germinação de sementes foi conduzido com quatro repetições de 100 sementes para cada tratamento, semeadas em rolos de papel, mantidos em germinador regulado com temperatura constante de 25 °C, durante 14 dias. O volume de água utilizado para embebição das sementes foi equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. A contagem foi realizada aos cinco e 14 dias após o início do teste, considerando os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Realizou-se a avaliação de primeira contagem da germinação em conjunto com o teste de germinação e no quinto dia após a instalação do teste de germinação foi determinado o percentual de plântulas normais, considerando normais aquelas com tamanho superior

a dois centímetros de parte aérea e dois centímetros de parte radicular (totalizando quatro centímetros).

O comprimento da parte aérea e raiz das plântulas foram determinados utilizando dez sementes, semeadas em papel umedecido com água destilada em quatro repetições, que foram levadas ao germinador à temperatura de 25 °C. As sementes foram semeadas no terço superior do papel no sentido longitudinal e as avaliações, realizadas aos sete dias após semeadura com auxílio de uma régua graduada em milímetros medindo o comprimento da parte aérea e das raízes das plântulas, com os resultados expressos em centímetros.

A condutividade elétrica das sementes foi analisada pelo método massal, utilizando-se quatro repetições de 50 sementes intactas. Estas foram pesadas e imersas em 75 mL de água destilada e deionizada, em copos plásticos mantidos a 25 °C, por 24 horas, em germinador. Após a embebição das sementes, fez-se a leitura da solução com o condutivímetro, marca Digimed CD-21, e os resultados expressos em $\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$.

Os parâmetros avaliados foram submetidos ao teste das pressuposições do modelo matemático (normalidade e homogeneidade das variâncias). O percentual de germinação e primeira contagem de germinação das sementes foram transformados para $yt = \sqrt{(y + 0,5)}$. Para o comprimento da parte aérea e raiz das plântulas e para a condutividade elétrica das sementes os valores foram transformados para $yt = \arccos \sqrt{(y + 0,5)/100}$. 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, através do pacote estatístico SISVAR versão 5.0 (Ferreira, 2000).

Resultados e Discussão

Para a germinação de sementes (Figura 1), houve interação tripla entre os fatores em estudo (cultivares x aplicação de fungicida x umidade de colheita). O decréscimo do grau de umidade das sementes na colheita reduziu a germinação das sementes, independentemente da cultivar. Os maiores valores de germinação foram observados para colheita realizada com grau de umidade médio entre 24 e 22%. A redução na germinação das sementes foi evidenciada na testemunha (sem aplicação de fungicida), principalmente para cultivar BR-IRGA 409, com maior redução no percentual de germinação.

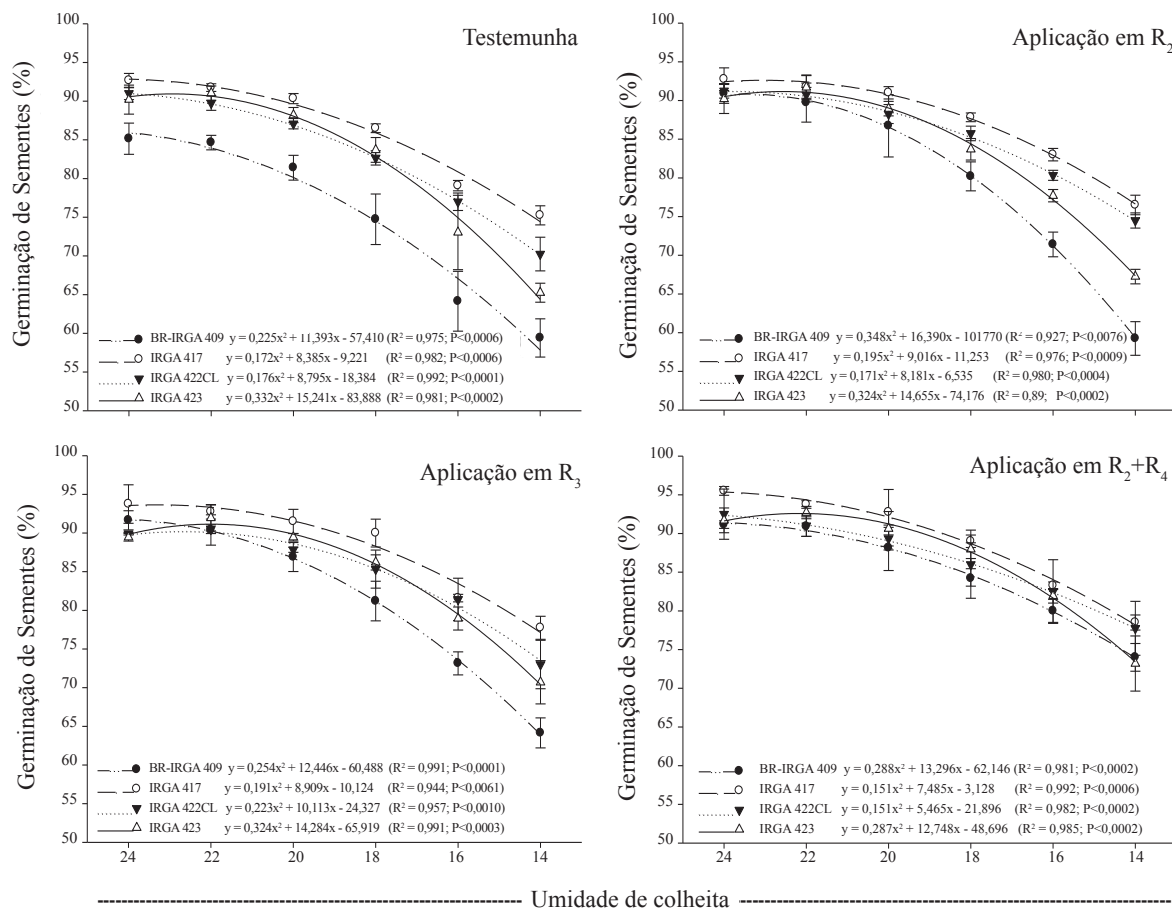


Figura 1. Germinação de sementes de quatro cultivares de arroz irrigado, em resposta ao momento de aplicação de fungicida com mistura formulada de propiconazol + trifloxistrobina, colhidas com diferentes graus de umidade.

O uso de fungicida resultou em acréscimos para a germinação das sementes. A realização de duas aplicações (no estágio R₂+R₄) proporcionou germinação semelhante entre as cultivares, sendo que a cultivar BR-IRGA 409, apresentou acréscimo de 21% no percentual de germinação quando comparada com a testemunha, para colheita realizada com grau de umidade médio de 14%. Isto pode estar relacionado diretamente com a manutenção da área foliar por mais tempo, em função da aplicação do fungicida, pois as estrobilurinas quando aplicadas sobre as plantas atuam na ativação da enzima NADH-nitrato redutase, aumentando a assimilação de nitrato e sua posterior incorporação nas moléculas vitais da planta, como a clorofila (Parreira et al., 2009). Além disso, ocorre o aumento na eficiência da assimilação de CO₂, elevação da taxa fotossintética e a redução da taxa respiratória. Outro efeito quanto ao uso de estrobilurinas é a redução

na produção de etileno, que retarda a senescência das folhas, aumentando o período que a planta permanece fotossinteticamente ativa (Venâncio et al., 2003).

No teste de primeira contagem de germinação (Figura 2) houve tendência semelhante àquela observada no teste de germinação, mostrando que o decréscimo da umidade das sementes no momento da colheita reflete diretamente na redução do vigor. Essa redução é maior quando não há aplicação de fungicida. Com relação ao uso de fungicida, duas aplicações apresentam menor redução do vigor das sementes pelo teste da primeira contagem, quando estas são colhidas com grau de umidade médio inferior a 22%. A redução do vigor de sementes está diretamente associado ao processo de deterioração causado por vários fatores, como citam Höfs et al. (2004), dentre os quais a colheita tardia, chuvas, secagem e/ou armazenamento inadequado.

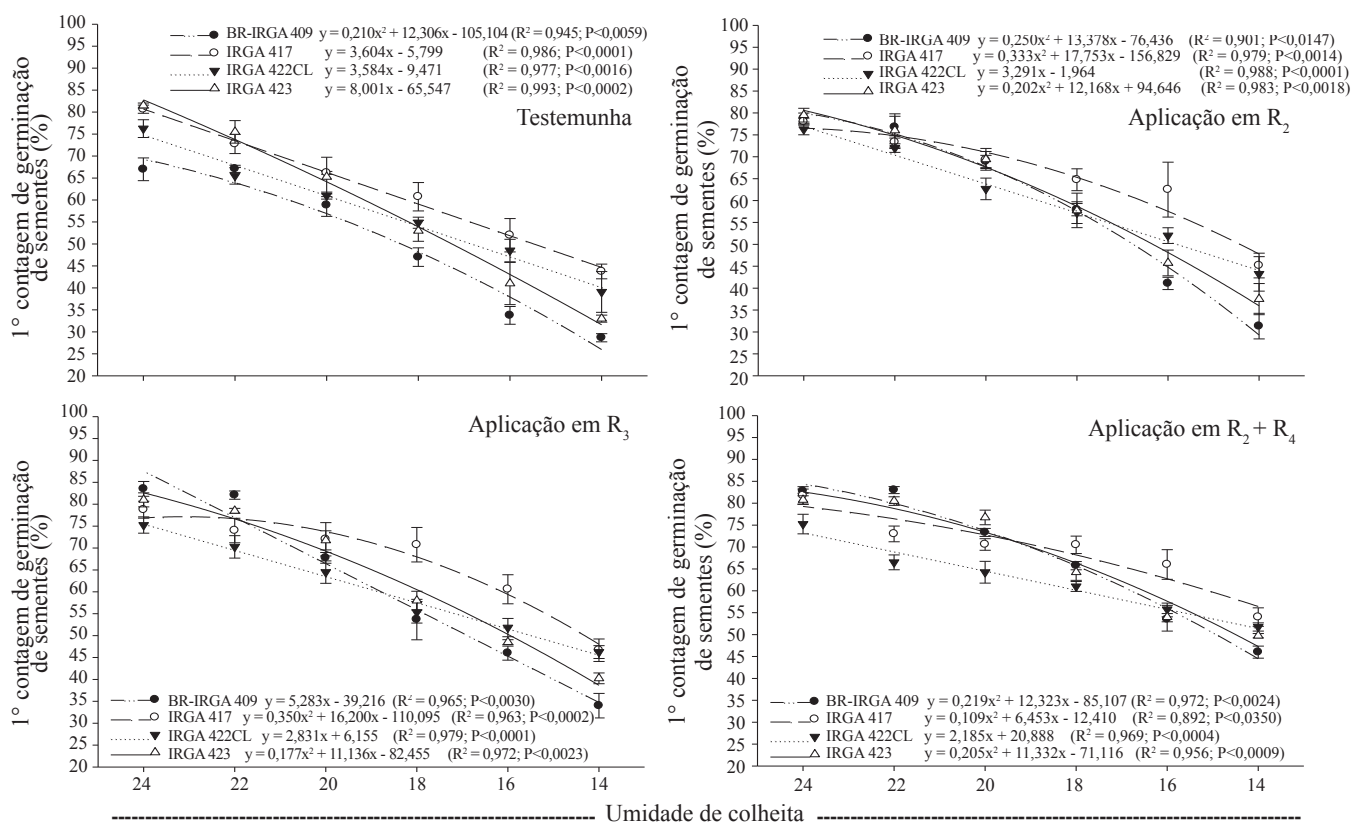


Figura 2. Primeira contagem de germinação de sementes de quatro cultivares de arroz irrigado, em resposta ao momento de aplicação de fungicida com mistura formulada de propiconazol + trifloxistrobina colhidos com diferentes graus de umidade.

Com relação ao vigor das sementes, avaliado com base no crescimento das plântulas (Figura 3), os resultados mostram que houve interação entre as cultivares, em razão do grau de umidade de colheita do arroz. De forma geral, à medida que ocorreu a redução do grau de umidade médio das sementes, observou-se a redução do comprimento da parte aérea e raiz das plântulas. O comportamento apresentado entre as cultivares foi semelhante, independente da parte mensurada, quando realizada a colheita com o grau de umidade médio de 24 a 20%. Nas colheitas realizadas com grau de umidade inferior a 20%, a cultivar BR-IRGA 409 diferenciou das demais, apresentando acentuada redução do comprimento, de forma geral. Os resultados referentes ao comprimento da aérea e radicular das plantas reportam aos resultados obtidos para o percentual de germinação.

Para o uso de fungicida, houve interação entre as

cultivares e o momento de aplicação do mesmo com relação ao comprimento da parte aérea e da parte radicular das plântulas (Tabela 1). De maneira geral, a realização de duas aplicações de fungicida (no estágio $R_2 + R_4$) apresentou a melhor resposta. A cultivar BR-IRGA 409 apresentou os menores comprimentos entre as cultivares, porém quando realizados duas aplicações essa diferença não foi observada para o comprimento radicular das plântulas.

No teste de condutividade elétrica aplicado às sementes (Figura 4), houve interação entre cultivar, aplicação de fungicida e umidade de colheita. Os valores de condutividade elétrica apresentaram redução com o decréscimo da umidade de colheita. Com uso de fungicida, independentemente do momento da aplicação, houve manutenção nos valores de condutividade elétrica para as sementes colhidas com o grau de umidade entre 24 a 18% de umidade, o que não se observou para a testemunha.

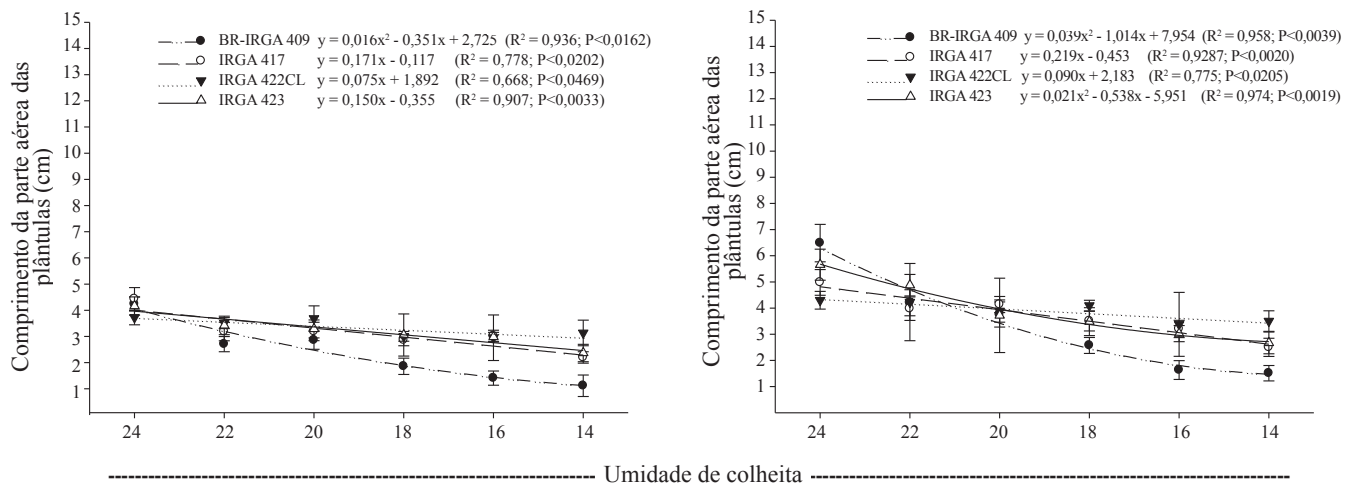


Figura 3. Comprimento da parte aérea e da parte radicular de plântulas de quatro cultivares de arroz irrigado, em resposta ao momento de aplicação de fungicida com mistura formulada de propiconazol + trifloxistrobina, colhidos com diferentes graus de umidade.

Tabela 1. Comprimento da parte aérea e da parte radicular de plântulas de quatro cultivares de arroz irrigado, em resposta ao momento de aplicação de fungicida com mistura formulada de propiconazol + trifloxistrobina.

Comprimento da parte aérea (cm)				
Fungicida ¹	BR-IRGA 409	IRGA 417	IRGA 422CL	IRGA 423
Testemunha	B 2,1 b ²	A 2,9 a	A 3,3 a	A 3,1 ab
R2	B 2,3 ab	A 3,1 a	A 3,1 a	A 3,5 a
R3	C 2,4 ab	AB 3,2 a	A 3,6 a	A 2,8 b
R2+R4	B 2,6 a	A 3,3 a	A 3,4 a	A 3,5 a
Média	2,4	3,1	3,3	3,2
CV ₁ (%) ³ 9,9		CV ₂ (%) ⁴ 8,2		CV ₃ (%) ⁵ 8,4
Comprimento de raiz (cm)				
Fungicida	BR-IRGA 409	IRGA 417	IRGA 422CL	IRGA 423
Testemunha	B 2,8 b	AB 3,5 a	A 3,9 a	AB 3,4 a
R2	B 3,0 b	AB 3,6 a	A 4,0 a	A 4,0 a
R3	B 3,4 ab	AB 3,6 a	A 3,8 a	A 4,0 a
R2+R4	A 4,3 a	A 4,3 a	A 4,1 a	A 4,3 a
Média	3,4	3,7	3,9	3,9
CV ₁ (%) 6,5		CV ₂ (%) 7,2		CV ₃ (%) 8,6

¹Aplicação de fungicida segundo escala de COUNCE et al., 2000; ²Médias não seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha diferem pelo teste de Tukey (P≤0,05). ³Coefficiente de variação da parcela principal. ⁴Coefficiente de variação da subparcela. ⁵Coefficiente de variação da sub-subparcela.

Os resultados observados no teste de condutividade elétrica foram distintos daqueles verificados por outros autores, tais como Miranda (2001), Faroni et al. (2005) e Tunes et al. (2008), que ao estudarem espécies

da família *Poaceae*, e verificaram uma correlação significativa e inversa entre qualidade fisiológica e condutividade elétrica da solução de imersão das sementes. A relação entre essas variáveis é influenciada

por diversos fatores, dentre eles a própria espécie, a composição química das sementes, a disponibilidade de água, o tempo de imersão, a temperatura utilizada no teste e os danos mecânicos apresentados pelas sementes (Carvalho e Nakagawa, 2000; Beckert e Silva, 2002). Para as sementes de arroz, no entanto, já foi relatado (Bortolotto et al., 2008; Wrasse et al., 2009) que pode ocorrer uma inversão nos valores do teste

de condutividade elétrica, quando comparado com sementes botânicas de outras espécies, em função da proteção oferecida pelas glumelas, do reduzido tamanho do embrião, comparado ao tecido de reservas, da impossibilidade de identificação e consideração dos danos mecânicos e fissuras na cariopse, sem a retirada das glumelas e até mesmo devido as condições não padronizadas do teste para esta espécie.

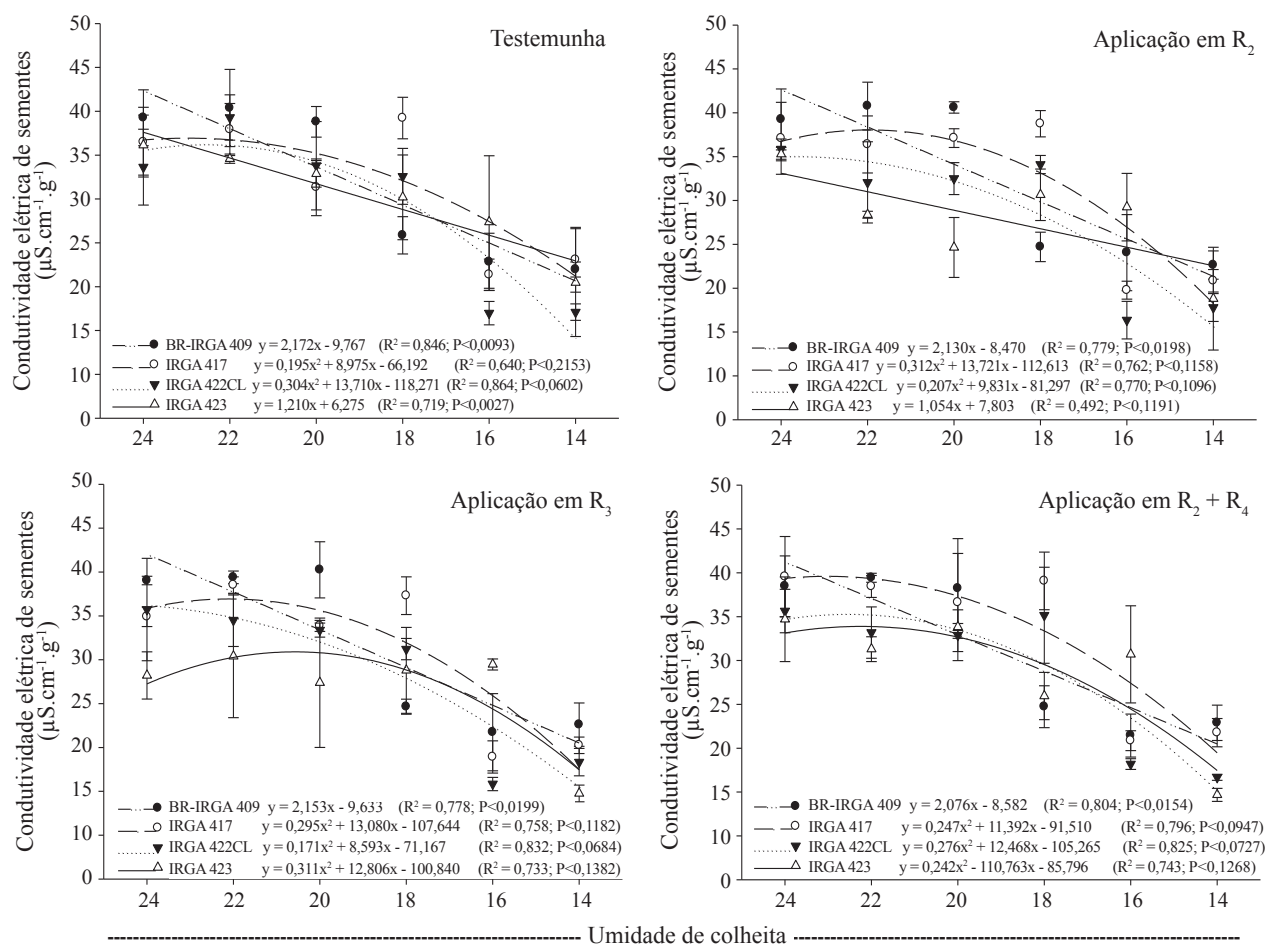


Figura 4. Condutividade elétrica de sementes de quatro cultivares de arroz irrigado, em resposta ao momento de aplicação de

Conclusões

elevada, com o uso de fungicida com mistura formulada

aplicações (no estágio R₂+R₄).

Há redução da germinação e do vigor das sementes de

arroz com o atraso da colheita, sendo mais evidenciado para colheitas realizadas com o grau de umidade médio inferior a 22%.

Agradecimentos

de estudo e produtividade em pesquisa. Ao Laboratório de Análise de Sementes e aos integrantes do Grupo de Pesquisa em Arroz e Uso Alternativo de Várzea da UFSM.

Referências

- BECKERT, O.P.; SILVA, W.R. O uso da hidratação para estimar o desempenho de sementes de soja. *Bragantia*, v.61, n.1, p.61-69, 2002. <http://www.scielo.br/pdf/brag/v61n1/a09v61n1.pdf>
- BETHENOD, O.; CORRE, M.L.; HUBER, L.; SACHE I. et al. Modelling the impact of brown rust on wheat crop photosynthesis after flowering. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.131, n.5, p.41-53, 2005.
- BORTOLOTO, R.P.; MENEZES, N.L.; GARCIA, D.C.; MATTIONI, N.M. Comportamento de hidratação e qualidade fisiológica das sementes de arroz. *Bragantia*, v.67, n.4, p.991-996, 2008. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052008000400023
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, MAPA/ACS, 2009. 395p. http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Laborat%C3%B3rio/Sementes/Regras%20para%20Análise%20de%20Sementes.pdf
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective and adaptive system for expressing rice development. *Crop Science*, n.40, p.436-443, 2000.
- DIMMOCK, J.P.R.E.; GOODING, M.J. The effects of fungicide on rate and duration of rain filling in winter wheat in relation to maintenance of flag leaf green area. *Journal of Agricultural Science*, v.138, p.1-16, 2002.
- FARONI, L.R.A.; BARBOSA, G.N.O.; SARTORI, M.A.; CARDOSO, F.S.; ALENCAR, E.R. Avaliação qualitativa e quantitativa do milho em diferentes condições de armazenamento. *Engenharia na Agricultura*, v.13, n.3, p.193-201, 2005. <http://www.ufv.br/dea/reveng/arquivos/Vol13/v13n3p193-201.pdf>
- FERREIRA, D.F. *Sisvar versão 5.0*. Lavras: Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciências Exatas. 2000. Software livre.
- FREITAS, T.F.S.; SILVA, P.R.F.; MARIOT, C.H.P.; MENEZES, V.G.; ANGHINONI, I.; BREDEMEIER, C.; VIEIRA, V.M. Produtividade de arroz irrigado e eficiência da adubação nitrogenada influenciadas pela época da semeadura. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, v.32, n.6, p.2397-2405, 2008. <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n6/v32n6a18.pdf>
- HÖFS, A.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T.; BARROS, A.C.S.A. Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta à qualidade fisiológica de sementes. *Revista Brasileira de Sementes*, v.26 n.1, p.92-97, 2004. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222004000100014&script=sci_arttext
- MARCHEZAN, E.; MENEZES, N.L.; SIQUEIRA, C.A. Controle da qualidade das sementes de arroz irrigado utilizadas em Santa Maria/RS. *Ciência Rural*, v.31, n.3, p.375-379, 2001. <http://www.scielo.br/pdf/cr/v31n3/a02v31n3.pdf>
- MARZARI, V.; MARCHEZAN, E.; SILVA, L.S.; VILLA, S.C.C.; SANTOS, F.M.; TELÓ, G.M. População de plantas, dose de nitrogênio e aplicação de fungicida na produção de arroz irrigado. II. Qualidade de grãos e sementes. *Ciência Rural*, v.37, n.4, p.936-941, 2007. <http://www.scielo.br/pdf/cr/v37n4/a03v37n4.pdf>
- MENEZES, V.G.; MACEDO, V.R.M.; ANGHINONI, I. *Projeto 10: estratégias de manejo para o aumento de produtividade, competitividade e sustentabilidade da lavoura de arroz irrigado no RS*. Cachoeirinha: IRGA, 2004. 32p.
- MIRANDA, D.M. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de sorgo pelo teste de envelhecimento acelerado. *Revista Brasileira de Sementes*, v.23, n.1, p.226-231, 2001. <http://www.agrolink.com.br/downloads/100449.pdf>
- PARREIRA, D.F.; NEVES, W.S.; ZAMBOLIM, L. Resistência de fungos a fungicidas inibidores de quinona. *Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas*, v.3, n.2, p.24-34, 2009. http://www.ccaa.ufma.br/revistatropica/ArtigosV3N2/Res_%20Fungos%20_Fitop.pdf
- PESKE, S.T.; VILLELA, F.A. Secagem de sementes. In: PESKE, S. T.; LUCCA FILHO, O.A.; BARROS, A.C.S.A. *Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos*. 2.ed. Pelotas: UFPel, 2006. p.332.
- SMIDERLE, O.J.; PEREIRA, P.R.V.S. Épocas de colheita e qualidade fisiológica das sementes de arroz irrigado cultivar BRS 7 Taim, em Roraima. *Revista Brasileira de Sementes*, v.30, n.1, p.74-80, 2008. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v30n1/a10v30n1.pdf>
- SMIDERLE, O.J.; DIAS, C.T.S. Época de colheita e armazenamento de sementes de arroz produzidas no cerrado de Roraima. *Revista Agroambiente*, v.5, n.1, p.18-23, 2011. <http://ufr.br/revista/index.php/agroambiente/article/viewPDFInterstitial/383/426>
- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI) 5.; *REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO*, 27., 2007, Pelotas. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Pelotas: SOSBAI, 2007. 154p. http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Recomendacoes_Tecnicas_Arroz_2007_000fzrbdd8b02wx5ok0cpoo6adaexge2.pdf
- SOFIATTI, V.; SCHUCH, L.O.B. Efeitos de regulador de crescimento e controle químico de doenças na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de arroz. *Revista Brasileira de Sementes*, v.27, n. 2, p.102-110, 2005. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v27n2/a15v27n2.pdf>
- STEFFE, J.F.; SINGH, R.P.; MILLER JR., G.E. Harvest, drying and storage of rough rice. In: LUH, B.S. (Ed.) *Rice: production and utilization*. Westport: Connecticut AVI Publishing, 1980. p.311-359.
- TUNES, L.M.; OLIVO, F.; BADINELLI, P.G.; CANTOS, A.; BARROS, A.C.S.A. Testes de vigor em sementes de aveia branca. *Revista da FZVA*,

Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharia,

Ciência

Científica, v.37, n.2, p.107-114, 2009. <http://www.cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/287/158>

Rendimento de grãos e eficiência no uso de água de arroz irrigado em função da época de semeadura

Grain yield and water use efficiency in irrigated rice according to sowing date

Gerson Meneghetti Sarzi Sartori^{1*} Enio Marchesan¹ Cristian Fernandes Azevedo¹
Nereu Augusto Streck¹ Rodrigo Roso¹ Lucas Lopes Coelho¹ Maurício Limberger de Oliveira¹

RESUMO

Uma das práticas desafiadoras de manejo é aumentar a produção de arroz utilizando menos água. O experimento foi realizado nas safras de 2010/11 e 2011/12 na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul. O objetivo foi avaliar o rendimento de grãos e a eficiência do uso de água na semeadura no início e final da época recomendada. Os tratamentos foram as épocas de semeadura (01/10/10 e 01/12/10) safra 2010/11, e (27/09/11 e 07/12/11) safra 2011/12, com cinco repetições, e a cultivar utilizada foi a 'IRGA 424'. Não houve diferença no volume de água aplicado entre as épocas de semeadura, com volume médio de 5757 e 8420m³ ha⁻¹, respectivamente, para safra 2010/11 e 2011/12. A época de semeadura afetou o rendimento de grãos, com rendimento de 13 e 24% a mais nas semeaduras do início da época (01/10/10 e 27/09/11), comparado às semeaduras do final da época (01/12/10 e 07/12/11), respectivamente. A semeadura realizada no início da época recomendada (início de outubro) proporciona maior rendimento de grãos e maior eficiência no uso de água.

Palavras-chave: precipitação pluvial, radiação solar, potencial produtivo, *Oryza sativa*.

ABSTRACT

One of the challenging management practices is to increase rice production using less water. The study was conducted during the harvest of 2010/11 and 2011/12 in the experimental field of Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul State, Brazil. The objective was to evaluate the yield and water use efficiency at sowing at beginning and end of the recommended time. Treatments were at planting dates (10/01/10 and 12/01/10) 2010/11 harvest, and (9/27/11 and 12/07/11) 2011/12 harvest, with five replicates, the cultivar used was the 'IRGA 424'. There was no difference in the amount of applied water between sowing times, with an average of 5757 and 8420m³ ha⁻¹, respectively for season 2010/11 and 2011/12. The sowing date affected grain

yield, with yields of 13 and 24% more in the beginning of the sowing season (10/01/10 and 9/27/11) compared to the end of the sowing date (12/01/10 and 12/07/11), respectively. Sowing early in the recommended period (early October) provides greater yield and more water use efficiency.

Key words: rainfall, solar radiation, potential yield, *Oryza sativa*.

INTRODUÇÃO

O arroz irrigado é assunto em vários debates envolvendo conservação de água em nível mundial, por estar entre as espécies que mais utilizam irrigação e por ser classificada como muito exigente quanto ao uso de água durante o ciclo de desenvolvimento (NOLDIN et al., 2001; MACHADO et al., 2006). Diante da preocupação com a produção de alimentos e a crise mundial da água, elevar a eficiência de uso de água, é uma meta de extrema importância para a sustentabilidade da produção de arroz.

Estratégias visando à maior eficiência de água em arroz estão sendo estudadas em diversas partes do mundo por diversos pesquisadores (TOESCHER et al., 1997; BOUMAN & TUONG, 2000; MACHADO et al., 2006; AHMAD et al., 2008; JALOTA et al., 2009; MAHAJAN et al., 2009; YAO et al., 2012). Entre as estratégias, está o uso de diferentes sistemas de irrigação (contínuo e intermitente), densidades de plantas, cultivares de

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

diferentes ciclos (curto, médio e tardio), híbridas e convencionais, diferentes momentos de supressão da irrigação e épocas de semeadura do arroz. A maioria dessas estratégias são eficazes, porém, algumas delas apresentam certas restrições à sua utilização, pelo aumento de custos e necessidade de precisão no controle da água de irrigação e diminuição no rendimento de grãos. No entanto, é desafio produzir mais alimento com menos água, o que, de acordo com HAEFELE et al. (2009), pode ser alcançado reduzindo as perdas de água por evaporação, percolação e escoamento.

A época de semeadura do arroz irrigado, associada às condições meteorológicas como temperatura e radiação solar, constitui-se num dos fatores relacionados ao rendimento de grãos do arroz (SLATON et al., 2003; LINScombe et al., 2004; FREITAS et al., 2008; AKBAR et al., 2010; MORADPOUR et al., 2011; LACK et al., 2012) e pode trazer benefícios em termos de redução da quantidade e aumento da eficiência do uso de água da lavoura, pois, em semeaduras realizadas no início do período recomendado (outubro), normalmente, as precipitações pluviárias são maiores e as perdas de água por evaporação são menores, já que a radiação solar e a temperatura do ar são mais baixas, quando comparado com semeaduras realizadas no final da época recomendada (dezembro). MAHAJAN et al. (2009), avaliando diferentes épocas de semeadura no rendimento de grãos e no uso de água do arroz, no estado de Punjab, noroeste da Índia, em que o clima da região é semi-árido com precipitação média anual de 400 a 700mm, encontraram maior eficiência no uso de água na semeadura realizada no início da época (15 de junho), comparado com 25 de junho e 05 de julho. Como as regiões produtoras de arroz são distintas em termos de disponibilidade climática, há necessidade de se conhecer melhor os efeitos da época de semeadura do arroz, no rendimento de grãos e no uso de água nas condições do Rio Grande do Sul, para que se possa manejar a lavoura de forma sustentável, com menor custo, e mínimo impacto ao ambiente.

Em vista disso, o trabalho teve por objetivo avaliar o rendimento de grãos e a eficiência do uso de água de arroz irrigado na semeadura no início e final da época recomendada para a Depressão Central do Rio Grande do Sul, uma das regiões orizícolas de grande relevância deste estado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na safra agrícola de 2010/11 e 2011/12 na área experimental de várzea

da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em solo classificado como Planossolo Háplico Eutrófico arênico, pertencente à unidade de mapeamento Vacacaí. Na área em que foi realizado o experimento, o horizonte A variou de 0 a 0,2m e o Bt de 0,2 a 0,4 + m, segundo metodologia proposta por SANTOS et al. (2005). Os tratamentos foram épocas de semeadura (01/10/10 e 01/12/10) safra 2010/11 e (27/09/11 e 07/12/12) safra 2011/12, com cinco repetições.

A cultivar utilizada foi a IRGA 424, a qual possui ciclo de 132 dias. A semeadura foi realizada na quantidade de 90kg ha⁻¹ de semente, com espaçamento de 0,17m, no sistema de cultivo mínimo, o qual consistiu de preparo antecipado da área e, após, houve formação de cobertura vegetal, sendo esta dessecada com glyphosate na dose de 1,08kg i.a. ha⁻¹, em área sistematizada. A adubação de base foi de 15kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), 45kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 90kg ha⁻¹ de K₂O, conforme a indicação da análise de solo. O N foi aplicado na quantidade de 150kg ha⁻¹, dividido nas quantidades de 15kg ha⁻¹ por ocasião da semeadura, 90kg ha⁻¹ no perfilhamento (V3/V4) e 45kg ha⁻¹ na diferenciação da panícula (R0) segundo escala de COUNCE et al. (2000). Os demais tratos culturais foram realizados conforme as recomendações técnicas para a cultura (SOSBAI, 2010).

O volume de água aplicado foi avaliado através de medidor de vazão com diâmetro nominal de 4". Para quantificar o volume, as parcelas de aproximadamente 28m² de área foram isoladas com taipas ronda, de altura média de 0,6m, e a entrada de água foi individualizada para cada parcela. O sistema de irrigação utilizado foi o intermitente, com a irrigação de cada parcela formando lâmina de água de aproximadamente de 0,1m e, após, deixava-se evapotranspirar até aproximadamente 0,02m de lâmina, com objetivo de armazenar a água, em eventuais precipitações. A irrigação foi suspensa aos 15 dias após a floração plena (R2), aproximadamente, 112 dias após a semeadura. Com a finalidade de evitar as perdas de água por infiltração lateral, foi mantida água ao entorno das parcelas através de taipas de contenção, mantendo assim a mesma carga hidráulica em todas as parcelas.

O rendimento de grãos foi avaliado através da colheita de 4,5m² de área útil em cada parcela, quando os grãos se encontravam com grau de umidade médio 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. O número de panículas m⁻² foi determinado uma semana antes da colheita, através da contagem das panículas em um metro de linha previamente demarcado, sendo nesta

mesma área realizada a coleta de quinze panículas por ocasião da colheita para a estimativa do número de grãos por panícula, massa de mil grãos e esterilidade de espiguetas.

A eficiência do uso de água foi obtida pela divisão do rendimento de grãos pelo volume de água aplicado. Avaliou-se também a contribuição de água advinda das precipitações pluviais, através do monitoramento da precipitação com pluviômetro instalado ao lado do experimento. Por ocasião da irrigação definitiva, colocou-se em cada parcela uma estaca com altura de 0,1m acima da superfície do solo, após, regularam-se todas as saídas de água das parcelas (despontes) no mesmo nível da extremidade das estacas (0,1m de altura) para mensuração da lâmina de água antes e após as precipitações, para quantificar a contribuição de água das precipitações pluviais.

Os valores de radiação solar global, precipitação pluvial e temperatura do ar foram obtidos da estação meteorológica automática e os valores de evaporação foram obtidos pelo tanque Classe A da estação meteorológica convencional do 8º DISME/INMET, localizado no Departamento de Fitotecnia da UFSM, a aproximadamente 500m do experimento. Para análise estatística, realizou-se, para cada safra, o teste t bilateral para duas amostras independentes em nível de 5% de probabilidade, para comparar as épocas de semeadura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O volume de água aplicado não diferiu entre as épocas de semeadura nas safras 2010/11 e

2011/12, com volume médio aplicado para cada safra de, respectivamente, 5.757 e 8.420m³ ha⁻¹ (Tabela 1). Na safra 2010/11, nos meses de outubro e novembro, a precipitação foi de, respectivamente, 62 e 41% a menos que a normal (Figura 1C), provavelmente, devido ao fenômeno La Niña, cujo sinal é de chuvas abaixo da normal na primavera. Por outro lado, nos meses de dezembro, fevereiro e abril, a precipitação foi de, respectivamente, 26, 41 e 39% a mais que a normal. Já em janeiro e março foi de 18 e 60% a menos que a normal. Com isso, a contribuição de água pelas chuvas foi semelhante entre as duas épocas de semeadura, com 4.080m³ ha⁻¹ na semeadura realizada no início do período recomendado (01/10) e 3.792m³ ha⁻¹ para a semeadura realizada no final do período (01/12), explicando, em parte, a semelhança entre as épocas de semeadura quanto ao volume de água aplicado nesta safra.

Na safra 2011/12, o volume de água aplicado foi 32% superior ao volume de água aplicado na safra 2010/11. Embora a contribuição da água das chuvas na semeadura realizada ao final do período recomendado (07/12) foi 37% superior à semeadura realizada no início do período recomendado (27/09), isso não se refletiu em diferença significativa quanto ao volume de água aplicado. Isso pode estar relacionado à maior evaporação ocorrida no estabelecimento inicial da cultura (janeiro), o que demandou maior volume de água, em comparação à semeadura do início do período em que o estabelecimento inicial foi no mês de novembro. O maior volume de água aplicado nessa safra está relacionado à menor precipitação ocorrida principalmente nos meses de novembro, dezembro

Tabela 1 - Volume de água aplicado (VAA), contribuição de água das precipitações pluviais (CP), esterilidade de espiguetas (E), número de panículas m⁻² (NP), massa de mil grãos (MMG), número de grãos por panícula (NGP), rendimento de grãos (R) e eficiência de uso da água (EUA), na cultivar IRGA 424, em duas épocas de semeadura, na safra 2010/11 e 2011/12. Santa Maria, RS. 2012.

Épocas	VAA m ³ ha ⁻¹	CP m ³ ha ⁻¹	E %	NP	MMG g	NGP	R kg ha ⁻¹	EUA
-----safra 2010/11-----								
01/10/10	5901 ^{ns}	4080	9 b	761 ^{ns}	24,8 ^{ns}	81 b	11334 a	1,92 a
01/12/10	5614	3792	13 a	673	24,7	88 a	9876 b	1,76 b
Média	5757	3936	11	717	24,7	84	10605	1,84
CV %	3,4		18,5	11,6	2,3	2,4	4,8	6,0
-----safra 2011/12-----								
27/09/11	8453 ^{ns}	2040	12,9 ^{ns}	801 a	23,7 b	61,9 ^{ns}	9972 a	1,2 a
07/12/11	8386	3252	12,5	659 b	25 a	68,1	7610 b	0,9 b
Média	8420	2646	13	730	24	65	8791	1
CV %	4,1		13,7	6,9	3,7	9,7	2,6	6,7

^{ns} Não significativo em nível P ≤ 0,05;

* Médias não seguidas da mesma letra minúscula na coluna diferem entre si pelo teste t bilateral em nível de 5% de probabilidade.

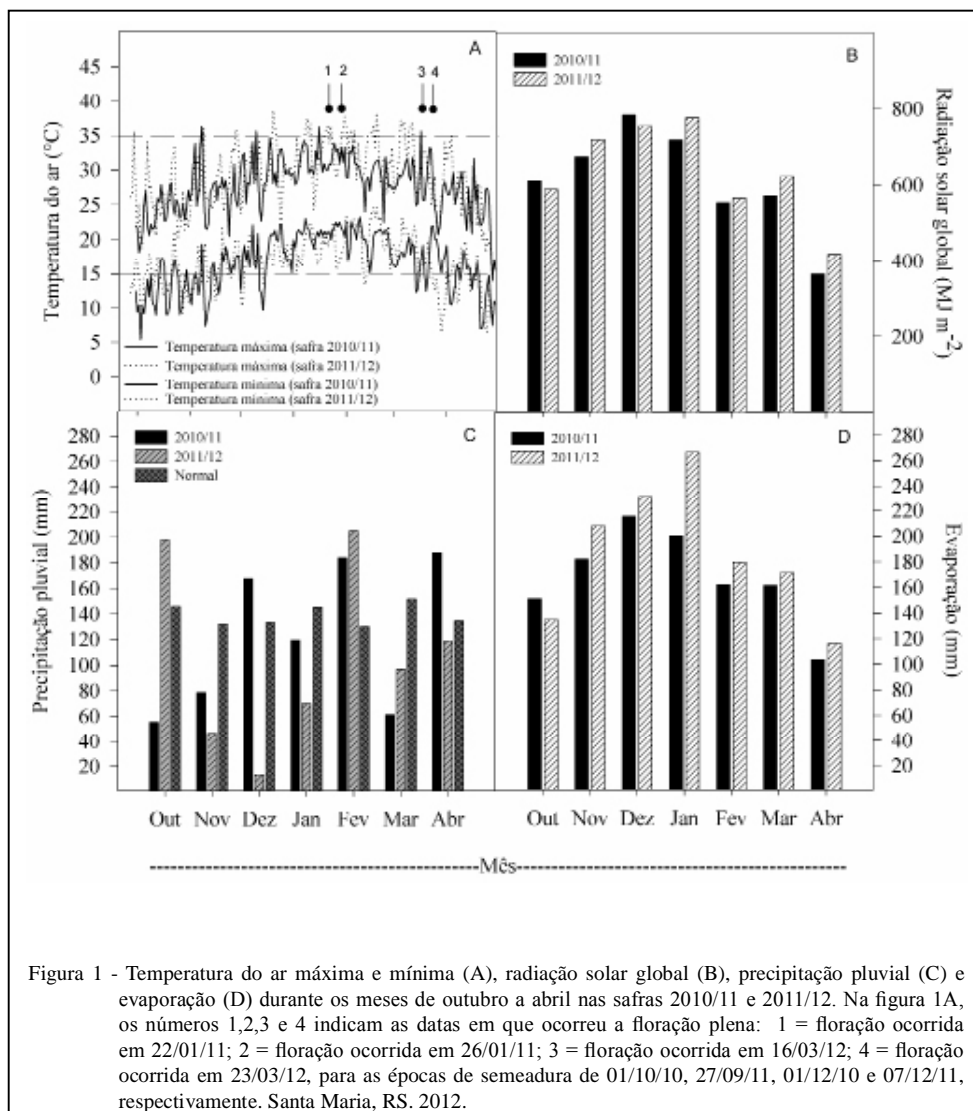


Figura 1 - Temperatura do ar máxima e mínima (A), radiação solar global (B), precipitação pluvial (C) e evaporação (D) durante os meses de outubro a abril nas safras 2010/11 e 2011/12. Na figura 1A, os números 1,2,3 e 4 indicam as datas em que ocorreu a floração plena: 1 = floração ocorrida em 22/01/11; 2 = floração ocorrida em 26/01/11; 3 = floração ocorrida em 16/03/12; 4 = floração ocorrida em 23/03/12, para as épocas de semeadura de 01/10/10, 27/09/11, 01/12/10 e 07/12/11, respectivamente. Santa Maria, RS. 2012.

e janeiro, com precipitação de, respectivamente, 65, 90 e 52% abaixo do normal (Figura 1C). Com isso, houve menor contribuição de água pelas chuvas, com contribuição de, respectivamente, 50 e 14% a menos que a safra de 2010/11 para as épocas de semeadura no início e final do período recomendado.

Além da menor precipitação, outro fator que pode ter contribuído para um maior volume de água aplicado é a maior evaporação ocorrida (Figura 1D). De maneira geral, na safra 2011/12, comparado à safra 2010/11, as temperaturas máximas do ar (Figura 1A) e a radiação solar global (Figura 1B) foram superiores em grande parte do período, o que deve ter contribuído para elevação da evaporação, pois o aumento da temperatura contribui para elevação do déficit de pressão de vapor. MAHAJAN et al. (2009)

também associam a exigência de água na cultura do arroz com a demanda evaporativa.

Esses resultados estão próximos aos obtidos por MACHADO et al. (2006), os quais encontraram volumes de água aplicado variando de 5.431 a 6.422 e de 5.374 a 5.852m³ ha⁻¹, respectivamente, para as safras 2000/01 e 2001/02 em diferentes sistemas de cultivos, na mesma área experimental do presente estudo, com a cultivar ELPASO 144, semeada em 03 de novembro para ambas as safras agrícolas. Já TOESCHER et al. (1997), no sistema de irrigação intermitente, na mesma condição de clima e solo do presente estudo, encontraram volume de água aplicado de 8.764 e 8.579m³ ha⁻¹, respectivamente, para as cultivares BR-IRGA 409 e IAC-47. O sistema de irrigação intermitente permite grande economia

no uso de água, chegando a 24 e 38% nas safras de 2009 e 2010, respectivamente, comparado com a irrigação contínua (YAO et al., 2012), pois ele permite armazenar grande parte da água advinda das precipitações pluviais.

Embora a época de semeadura não tenha influenciado no volume de água aplicado nas duas safras avaliadas, ela interferiu no rendimento de grãos da cultura (Tabela 1). Na safra 2010/11, o maior rendimento de grãos foi 11.334kg ha⁻¹ para a semeadura realizada no início do período recomendado, 13% a mais que a semeadura no final do período, uma redução de 24kg ha⁻¹dia⁻¹ no rendimento, a partir de 01/10. Comportamento semelhante a essa safra ocorreu na safra 2011/12, em que o maior rendimento de grãos foi na semeadura realizada no início do período recomendado, com rendimento de grãos 24% maior em comparação à época de semeadura no final do período, uma redução de 33kg ha⁻¹dia⁻¹, a partir de 27/09.

O maior rendimento de grãos obtido na semeadura realizada no início do período recomendado pode ser explicado em parte pela maior disponibilidade de radiação solar (Figura 1B) e melhores condições de temperatura (Figura 1A), durante o período reprodutivo da cultura (floração e enchimento de grãos), comparado à menor disponibilidade neste período na semeadura realizada no final da época recomendada. Além das condições meteorológicas, o aumento da esterilidade de espiguetas observado na semeadura, no final do período recomendado na safra de 2010/11, e o menor número de panículas produzidos na safra 2011/12 podem ter contribuído para o menor rendimento de grãos.

O aumento da esterilidade de espiguetas pode estar relacionado às temperaturas mais baixas (Figura 1A) durante a formação do grão de pólen, pois FARRELL et al. (2006) relatam que baixa temperatura nessa época pode causar aumento da esterilidade de espiguetas. Além disso, outro fator que pode ter contribuído para maior esterilidade de espiguetas foi as temperaturas elevadas na antese, que, de acordo com JAGADISH et al. (2007), temperaturas superiores a 35°C nesse estágio, por mais de uma hora, pode diminuir a fertilidade de espiguetas em arroz. GUNAWARDENA et al. (2003), avaliando 12 horas por dia de temperatura de 21,4/21°C (dia/noite), comparado a 18/13°C (dia/noite) em diferentes alturas de lâmina de irrigação, durante sete dias no desenvolvimento do micrósporo de arroz, encontraram, de forma geral, maior esterilidade de espiguetas

na temperatura mais baixa (18/13°C). Em trabalho realizado por PEDRO JÚNIOR et al. (1995), avaliando a relação entre os valores de temperatura média do ar durante o período crítico e a produtividade relativa (%), encontraram a temperatura de 25°C, como temperatura ótima na análise em conjunto de diferentes cultivares de arroz irrigado.

Esses resultados estão de acordo com SLATON et al. (2003) e FREITAS et al. (2008), os quais relatam que os melhores rendimentos de grãos são obtidos quando as semeaduras são realizadas no início da época recomendada e tendem a diminuir quando realizadas no final.

AKBAR et al. (2010), também avaliando diferentes épocas de semeadura na cultura do arroz no Paquistão, encontraram que a época de semeadura afeta o rendimento de grãos da cultura, e associaram o aumento do rendimento às condições meteorológicas favoráveis durante o crescimento e desenvolvimento da cultura, como aumento dos valores médios de temperatura acumulada e horas de radiação solar. Nesse sentido, fazer coincidir o período reprodutivo da cultura do arroz com as melhores condições de temperatura e radiação solar traz resposta positiva em termos de rendimento de grãos (ISLAM & MORISON, 1992; SLATON et al., 2003; FREITAS et al., 2008; KATSURA et al., 2008; SAFDAR et al., 2008; LACK et al., 2012).

A época de semeadura de arroz irrigado, além de influenciar no rendimento de grãos, influenciou na eficiência do uso de água, com uso de água mais eficiente na semeadura, realizada no início do período recomendado em ambas as safras avaliadas (Tabela 1). A maior eficiência no uso de água está relacionada ao maior rendimento de grãos ocorrido na semeadura do início do período, pois aumentar o rendimento de grãos com o mesmo volume de água é uma estratégia que proporciona maior eficiência no uso de água. Esse resultado corroborando MAHAJAN et al. (2009), os quais encontraram maior eficiência no uso de água na semeadura do início da época (15 de junho), associando essa eficiência ao maior rendimento de grãos.

Portanto, a época de semeadura de arroz irrigado é uma prática de manejo importante que afeta o rendimento de grãos da cultura e a eficiência do uso de água. Assim, deve-se priorizar semeaduras no início do período recomendado, visando a um maior rendimento de grãos, que proporciona uso mais eficiente de água.

CONCLUSÃO

A semeadura realizada no início da época recomendada (início de outubro) proporciona maior rendimento de grãos e maior eficiência no uso de água, devido à cultura se desenvolver em condições meteorológicas adequadas como temperatura, radiação solar e precipitação pluvial.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de Mestrado concedida ao primeiro autor e pela bolsa de produtividade em pesquisa para o segundo autor. À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pela bolsa de Iniciação Científica concedida ao terceiro autor. Ao CNPq e à FAPERGS, pelo auxílio financeiro para realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AKBAR, N. et al. Effect of different sowing dates on the yield and yield components of direct seeded fine rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v.22, n.10, p.312-315, 2010.
- AHMAD, S. et al. Water and radiation use efficiencies of transplanted rice (*Oryza sativa* L.) At different plant densities and irrigation regimes under semi-arid environment. **Pakistan Journal of Botany**, v.40, n.1, p.199-209, 2008.
- BOUMAN, B.A.M; TUONG, T.P. Field water management to save water and increase its productivity in irrigated lowland Rice. **Agricultural Water Management**, v.1615, p.1-20, 2000. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377400001281>>. Acesso em: 07 maio, 2012. doi: 10.1016/S0378-3774(00)00128-1.
- COUNCE, P.A. et al. A uniform, objective and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science Society of America**, v.40, n.2, p.436-443, 2000.
- FARREL, T.C. et al. Genotypic variation for cold tolerance during reproductive development in rice: Screening with cold air and cold water. **Field Crops Research**, v.98, p.178-194, 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429006000256>>. Acesso em: 07 maio, 2012. doi: 10.1016/j.fcr.2006.01.003.
- FREITAS, T.F.S. et al. Produtividade de arroz irrigado e eficiência da adubação nitrogenada influenciadas pela época da semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2397-2405, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832008000600018&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 07 maio, 2012. doi: 10.1590/S0100-06832008000600018.
- GUNAWARDENA, T.A. et al. Low temperature induced spikelet sterility in rice. II. Effects of panicle and root temperatures. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.54, n.10, p.947-956, 2003.
- HAEFELE, S.M. et al. Transpiration efficiency of rice (*Oryza sativa* L.). **Field Crops Research**, v.111, p.1-10, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429008001901>>. Acesso em: 07 maio, 2012. doi: 10.1016/j.fcr.2008.09.008.
- ISLAM, M.S.; MORISON, J.I.L. Influence of solar radiation and temperature on irrigated rice grain yield in Bangladesh. **Field Crops Research**, v.30, p.13-28, 1992.
- JAGADISH, S.V.K. et al. High temperature stress and spikelet fertility in rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Experimental Botany**, v.58, n.7, p.1627-1635, 2007. Disponível em: <<http://jxb.oxfordjournals.org/content/58/7/1627>>. Acesso em: 07 maio, 2012. doi: 10.1093/jxb/erm003.
- JALOTA, S.K. et al. Integrated effect of transplanting date, cultivar and irrigation on yield, water saving and water productivity of rice (*Oryza sativa* L.) in Indian Punjab: field and simulation study. **Agricultural Water Management**, v.96, p.1096-1104, 2009.
- KATSURA, K. et al. The high yield of irrigated rice in Yunnan, China. 'A cross-location analysis. **Field Crops Research**, v.107, p.1-11, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429007002596>>. Acesso em: 08 maio, 2012. doi: 10.1016/j.fcr.2007.12.007.
- LACK, S. et al. The effects of planting date on grain yield and yield components of rice cultivars. **Advances in Environmental Biology**, v.6, n.1, p.406-413, 2012.
- LINSCOMBE, S.D. et al. Rice response to planting date differs at two locations in Louisiana. **Crop Management**, 2004. Disponível em: <<http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/cm/research/2004/rice/>>. Acesso em: 08 maio, 2012. doi: 10.1094/CM-2004-0130-01-RS.
- MACHADO, S.L.O. et al. Consumo de água e perdas de nutrientes e de sedimentos na água de drenagem inicial de arroz irrigado. **Ciência Rural**, v.36, n.1, p.65-71, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782006000100010>. Acesso em: 08 maio, 2012. doi: 10.1590/S0103-84782006000100010.
- MAHAJAN, G. et al. Yield and water productivity of rice as affected by time of transplanting in Punjab, India. **Agricultural Water Management**, v.26, p.525-532, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377408002369>>. Acesso em: 08 maio, 2012. doi: 10.1016/j.agwat.2008.09.027.
- MORADPOUR, S. et al. Effect of planting date and plant density on yield and yield components of rice. **Ecology, Environment and Conservation**, v.17, n.2, p.251-256, 2011.
- NOLDIN, J.A. et al. Persistência do herbicida clomazone no solo e na água quando aplicado na cultura do arroz irrigado, sistema pré-germinado. **Planta Daninha**, v.19, n.3, p.401-408, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-83582001000300013&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 08 maio, 2012. doi: 10.1590/S0100-83582001000300013.
- PEDRO JÚNIOR, M.J. et al. Estimativa da produtividade de arroz irrigado por inundação em função da temperatura do ar e da radiação solar. **Scientia Agricola**, v.52, n.1, p.96-100, 1995.
- SANTOS, R.D. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5.ed. Viçosa: SBCS, 2005. 100p.

- SAFDAR, M.E. et al. Effect of transplanting dates on paddy yield of fine grain rice genotypes. *Pakistan Journal of Botany*, v.40, n.6, p.2403-2411, 2008.
- SLATON, N.A. et al. Seeding date effect on rice grain yields in Arkansas and Louisiana. *Agronomy journal*, v.95, n.1, p.218-223, 2003.
- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil / 28. Reunião Técnica da cultura do Arroz Irrigado, Bento Gonçalves, RS. Porto Alegre, 2010. 188p.
- TOESCHER, C.F. et al. Volume de água aplicada e produtividade do arroz sob diferentes métodos de irrigação. **Revista da FZVA**, v.4, n.1, p.49-57, 1997.
- YAO, F. et al. Agronomic performance of high-yielding rice variety grown under alternate wetting and drying irrigation. **Field Crops Research**, v.126, p.16-22, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429011003339>>. Acesso em: 08 maio, 2012. doi: 10.1016/j.fcr.2011.09.018.

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

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

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

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

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

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

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

*Autor para correspondência

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

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

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

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

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

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

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

INTRODUÇÃO

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

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

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

MATERIAL E MÉTODOS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

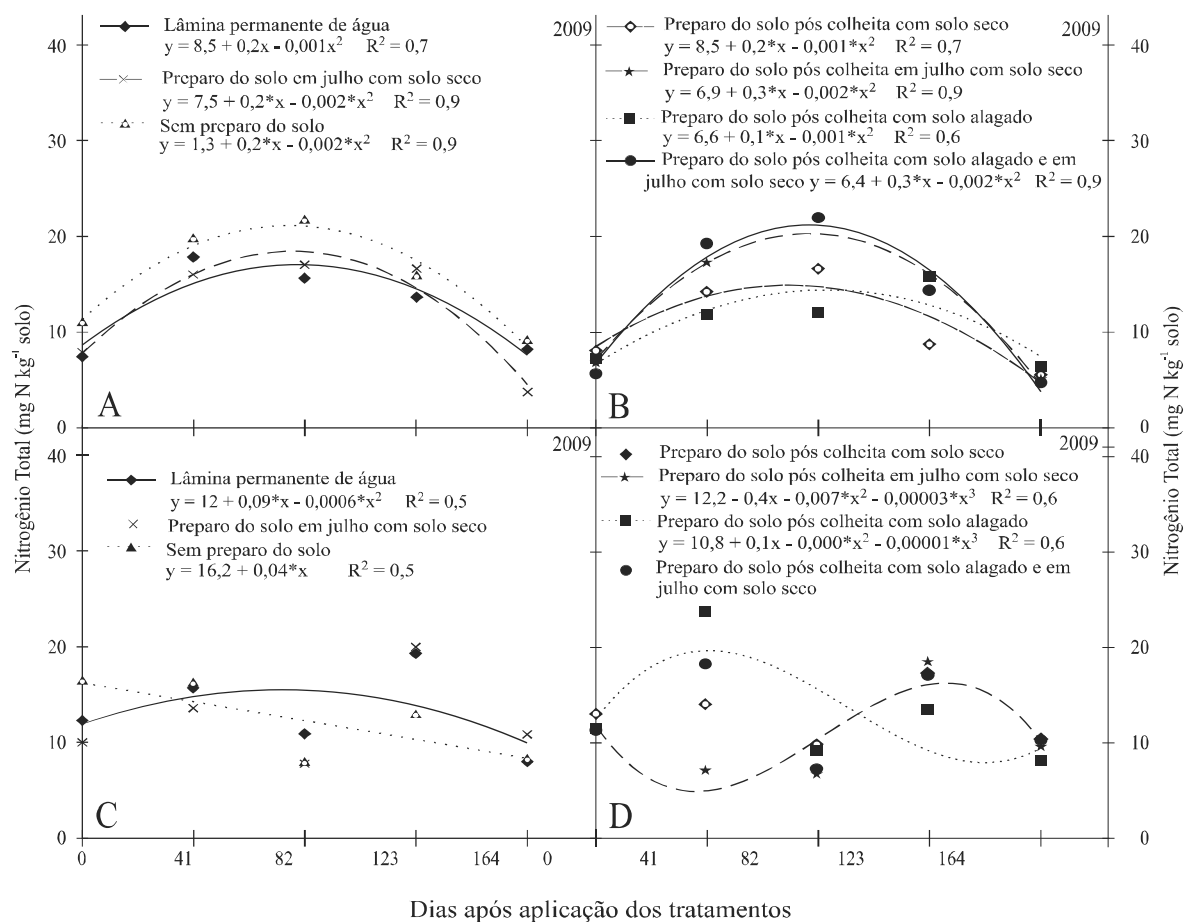
Os dados obtidos foram submetidos ao teste das pressuposições do modelo matemático (normalidade e homogeneidade das variâncias pelo teste de Liliefor). Os anos foram avaliados separadamente e os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F. As médias dos tratamentos foram comparadas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

RESULTADOS E DISCUSSÃO

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

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

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



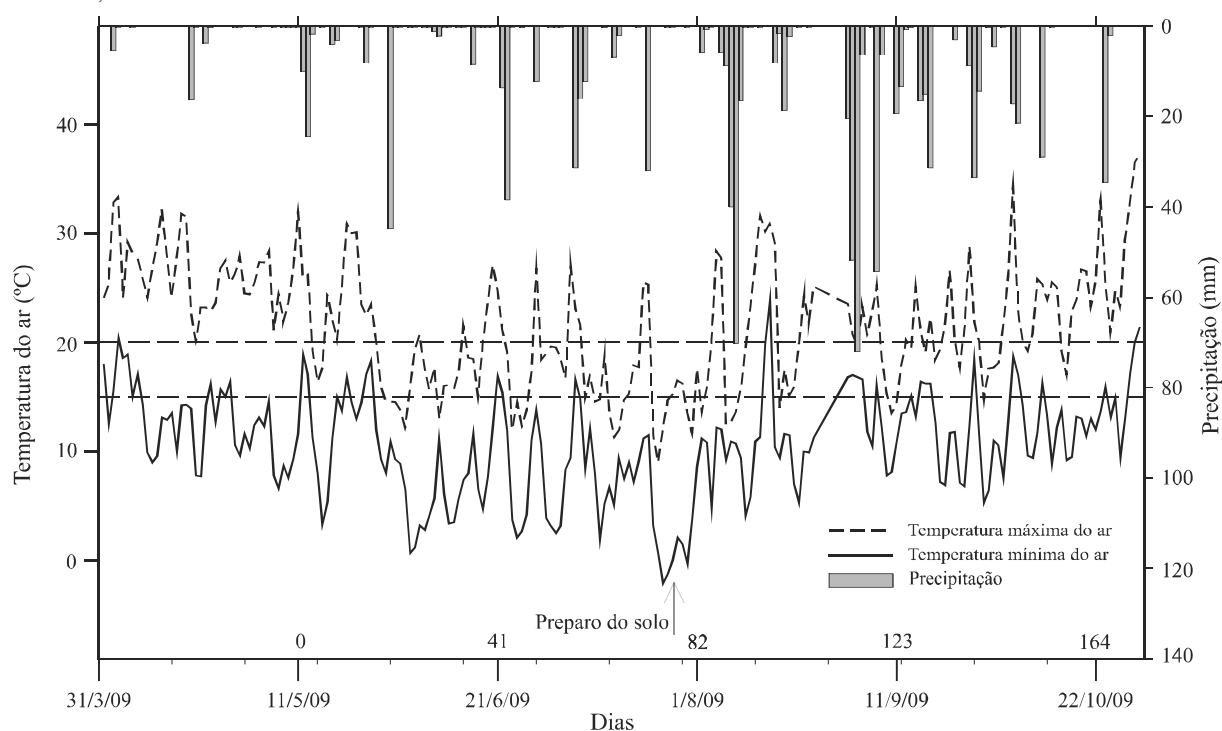
de N nesses tratamentos pode ter sido mais elevada, associando à maior atividade dos decompositores com o revolvimento do solo e a aeração e a perda por desnitrificação com o alagamento (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; RHODEN *et al.*, 2008).

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

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

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

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

Figura 2 - Temperatura mínima e máxima do ar (°C) e precipitação (mm), no período de 31 de março a 31 de outubro de 2009. Santa Maria, RS. 2012**Tabela 2** - Teores de nitrogênio mineral total do solo, por data de amostragem para os tratamentos de manejo da palha de arroz nos anos de 2009 e 2010. Santa Maria, RS. 2012

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

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

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

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

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

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

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

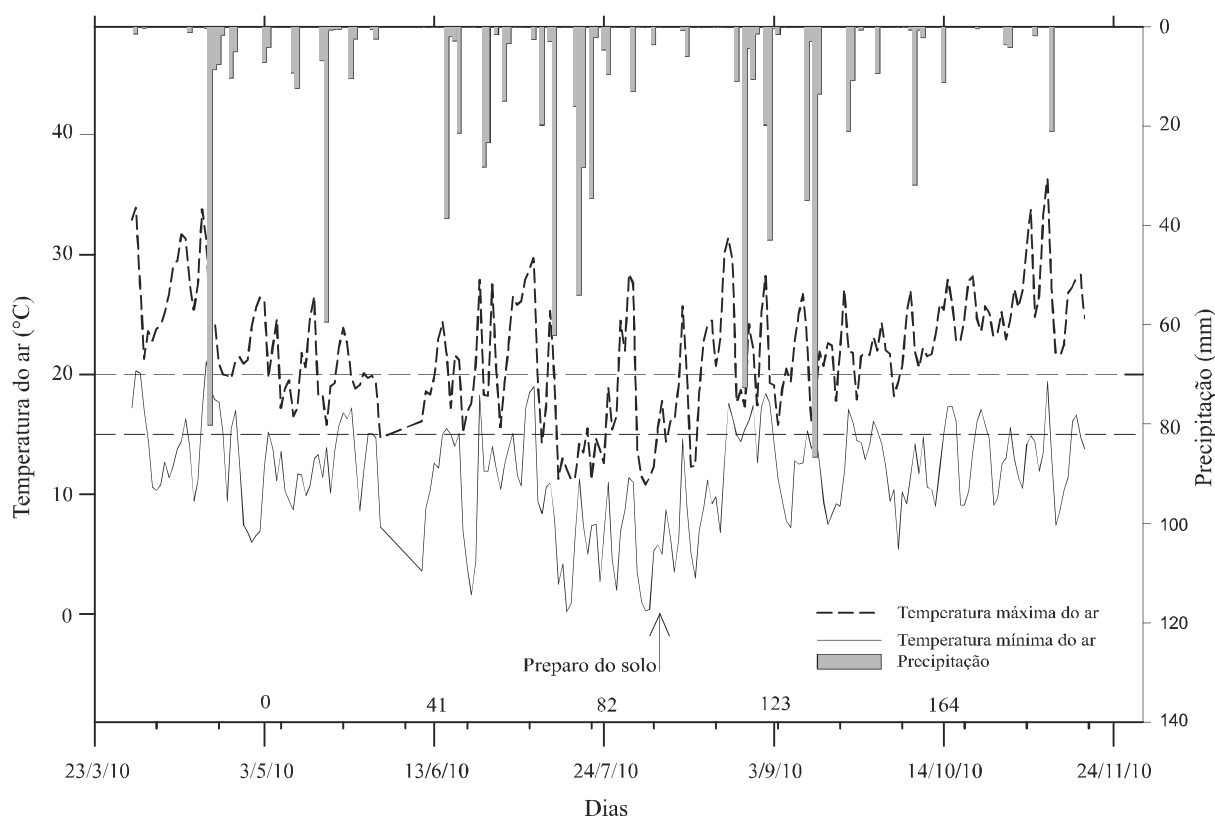
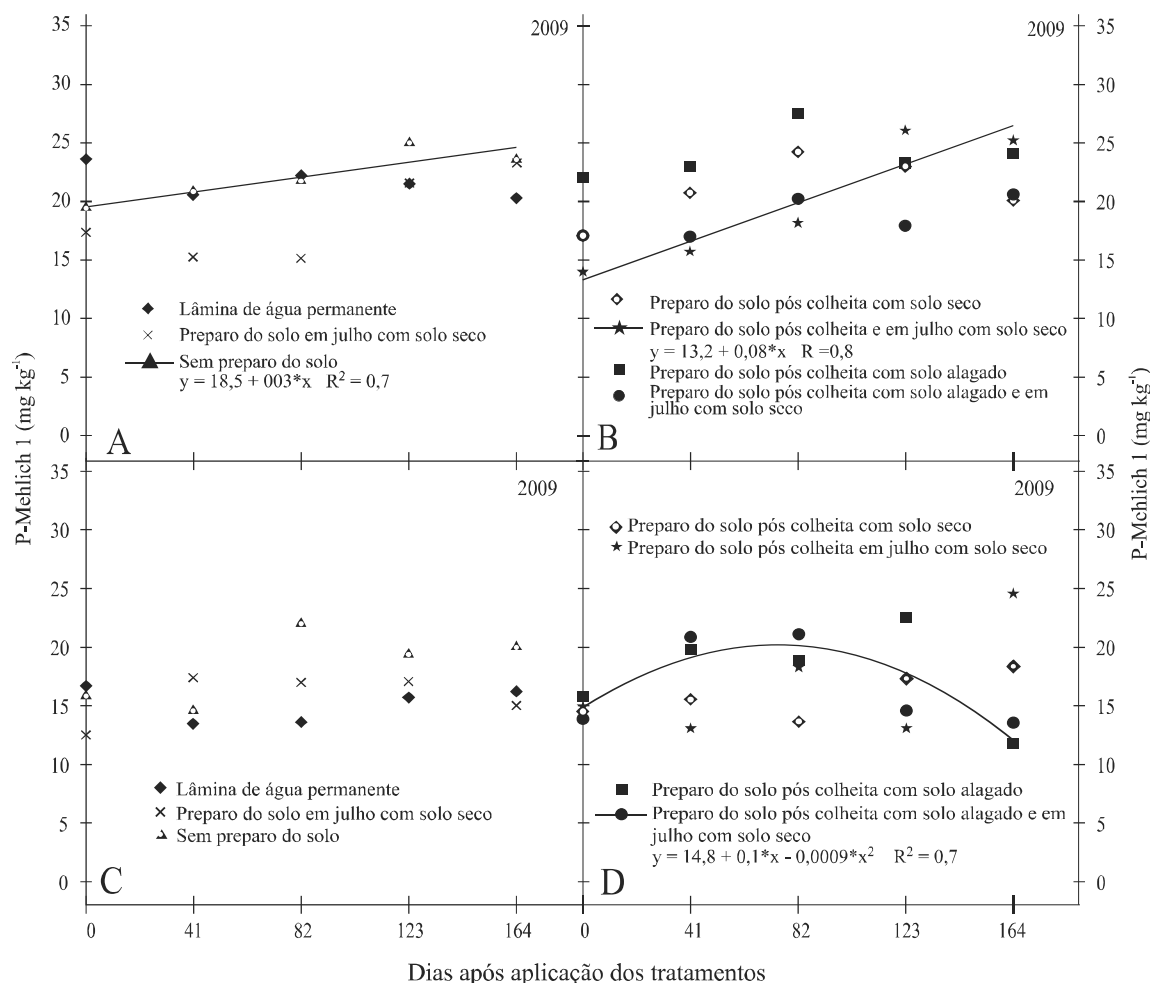


Figura 4 - Teores de fósforo no solo (mg kg^{-1} de solo) nos tratamentos sem preparo de solo, com preparo de solo em julho e manutenção de lâmina de água (A e C), e preparo com solo seco pós colheita, pós colheita e em julho com solo seco, preparo pós colheita com solo alagado e preparo pós colheita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



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

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

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

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

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

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

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

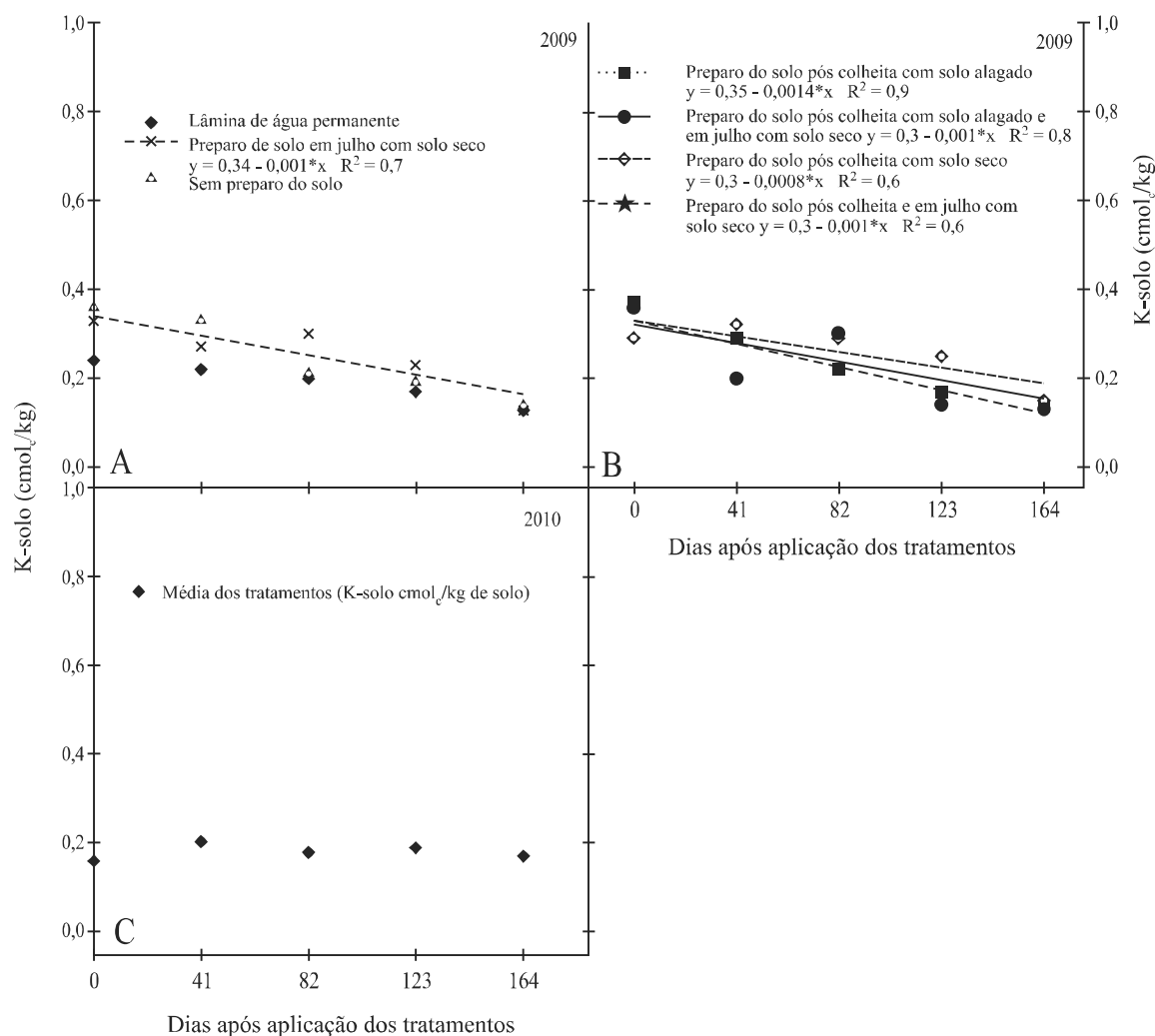
significativamente para os valores de P disponível no solo em curto prazo. Dessa forma, torna-se necessário avaliar melhor os efeitos da incorporação da palha sobre a distribuição de P no perfil e eventuais efeitos do P orgânico sobre a disponibilidade às plantas não detectada pela análise do P disponível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

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

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

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

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



CONCLUSÃO

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

REFERÊNCIAS

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

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

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

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

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

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