

## EFEITO DA APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO E FUNGICIDA NO ESTÁDIO DE EMBORRACHAMENTO DO ARROZ NA DURAÇÃO E TAXA DE ACÚMULO DE MASSA SECA DOS GRÃOS

### EFFECT OF NITROGEN AND FUNGICIDE APPLICATION DURING THE BOOTING STAGE OF RICE ON DURATION AND RATE OF DRY MASS ACCUMULATION OF GRAINS

Edinalvo Rabaioli Camargo<sup>1</sup>, Enio Marchesan<sup>2\*</sup>, Tiago Luis Rossato<sup>3</sup>, Mara Grohs<sup>3</sup>, Gerson Meneghetti Sarzi Sartori<sup>3</sup>, Rafael Bruck Ferreira<sup>3</sup>.

#### RESUMO

O acúmulo de massa seca nos grãos de arroz ocorre concomitantemente com o declínio fotossintético associado à senescência foliar, que pode ser antecipada, dentre outras causas, pela deficiência de nitrogênio e/ou pela ocorrência de patógenos foliares. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito da aplicação de nitrogênio e de fungicida no estágio de emborrachamento, na duração e na taxa de acúmulo de massa seca dos grãos durante o período de enchimento. O experimento foi conduzido em área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, RS. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos, arranjados em esquema fatorial, constituíram-se de três doses de nitrogênio (50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>) e práticas de manejo conduzidas durante o estágio de emborrachamento (aplicação suplementar de 30 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, pulverização com fungicida, combinação das práticas anteriores e tratamento testemunha). A severidade média de doenças foliares foi de 0,2 e 1,2% no estágio R6 e R8, respectivamente. A evolução e a taxa de acúmulo de massa nos grãos não foram influenciadas pelas doses de nitrogênio e/ou pelas práticas de manejo conduzidas durante o estágio de emborrachamento. O período de enchimento de grãos foi de 31 dias e o acúmulo diário de massa seca na panícula atingiu as maiores taxas entre cinco e 15 dias após a antese.

**Palavras-chave:** deficiência de nitrogênio, doenças foliares, órgãos de reserva, *Oryza sativa* L.

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agronomia, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Department of Soil and Crop Sciences, Texas A&M University, College Station, TX, USA. Bolsista de Doutorado Pleno do Exterior pelo CNPq.

<sup>2\*</sup>Engenheiro Agrônomo, Pós-Doutor em Agronomia, Professor Titular do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS. Pesquisador CNPq. Autor para correspondência - emarchezan@terra.com.br

<sup>3</sup>Acadêmico do curso de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, CCR, UFSM

#### ABSTRACT

Accumulation of dry mass in rice grains occurs simultaneously with decline of photosynthetic activity due to foliar senescence. Nitrogen deficiency and/or occurrence of foliar pathogens can anticipate foliar senescence in rice plants. The objective of this experiment was to evaluate the effect of the nitrogen and fungicide applications on booting stage in order to verify the duration and the rate of dry mass accumulation during the grain filling. The experiment was carried out in Santa Maria-RS, Brazil. The treatments were arranged in a randomized complete block design, in a factorial scheme with four replications. The treatments were three nitrogen rates (50, 100 and 150 kg ha<sup>-1</sup>) and management practices applied at booting stage (supplementary application of 30 kg ha<sup>-1</sup> nitrogen, fungicide application, combination of the previous treatments, and check treatment). The average severity of foliar diseases was 0.2 and 1.2% in stage R6 and R8, respectively. Evolution and rate of dry mass accumulation in grains were not affected by nitrogen rates or by management practices applied at booting stage. The grain filling period was 31 days and the daily dry mass accumulation in grains reached the highest rates from five to 15 days after anthesis.

**Key words:** nitrogen deficiency, foliar diseases, storage organs, *Oryza sativa* L.

#### INTRODUÇÃO

O acúmulo de massa seca nos grãos é uma

importante etapa para formação da produtividade dos cultivos agrícolas (COSTA et al., 1991). No entanto, a fase que condiciona o efetivo acúmulo de massa seca nos órgãos de reserva ocorre concomitantemente com o declínio fotossintético associado à senescência foliar. Na cultura do arroz irrigado, o atrasado da senescência foliar e a manutenção de taxas fotossintéticas elevadas durante o período de enchimento de grãos têm sido características associadas ao aumento do potencial produtivo (OOKAWA et al., 2004; TAKAI et al., 2006).

Em condições de cultivo, a senescência foliar pode ser antecipada, dentre outros fatores, em função de deficiências nutricionais associadas ao nitrogênio e/ou pela ocorrência de patógenos foliares. Neste sentido, a adoção de práticas de manejo que relacionem a nutrição e a sanidade da cultura do arroz irrigado, como forma de manter a área foliar fotossinteticamente ativa por mais tempo ao final do ciclo do cultivo, pode propiciar maior produção de fotoassimilados com reflexos no período e na taxa de enchimento de grãos.

A manutenção da atividade fotossintética durante o período de enchimento de grãos possui estreita relação com o conteúdo de nitrogênio. OOKAWA et al. (2003) em estudo comparativo entre dois genótipos de arroz, demonstraram que a permanência de alto conteúdo de nitrogênio nas folhas em um dos genótipos resultou em manutenção de taxa fotossintética mais elevada durante o enchimento de grãos. Os autores observaram ainda que a manutenção de níveis elevados de nitrogênio nas folhas pode ser obtida com aplicação adicional de fertilizante nitrogenado.

Para o completo enchimento, os grãos necessitam do carbono da fotossíntese e do nitrogênio absorvido pelas raízes e remobilizado pelas folhas (POMMEL et al., 2006). No entanto, como a maior parte do nitrogênio foliar encontra-se nos cloroplastos, existe um conflito potencial entre a manutenção da demanda fotossintética e o desdobramento das proteínas fotossintéticas em aminoácidos para translocação (MURCHIE et al., 2002). Desta forma, o manejo da adubação nitrogenada, com a aplicação suplementar de nitrogênio durante o estágio de emborrachamento, pode alterar o desempenho fotossintético da planta durante o enchimento, refletindo na duração e na taxa de acúmulo de massa seca nos grãos.

Para GELANG et al. (2000) a duração do enchimento de grãos é dependente da duração da área foliar verde. Assim, a sanidade de plantas torna-se um aspecto de manejo a ser considerado, tendo em vista que a maioria dos patógenos instala-se na cultura do arroz irrigado durante a fase reprodutiva. As doenças fúngicas da parte aérea diminuem a área foliar e, conseqüentemente, a capacidade de produção de fotoassimilados (BETHENOD et al., 2005)

interferindo no enchimento de grãos. DIMMOCK & GOODING (2002) estudando o efeito de fungicidas na taxa e duração do enchimento de grãos em trigo, demonstram que o controle de doenças refletiu na duração da área verde da folha bandeira e ampliou o período de enchimento de grãos. Assim, a aplicação de fungicidas, pode influenciar na taxa de acúmulo de massa seca na panícula, afetando o enchimento das espiguetas fecundadas.

A taxa e a duração do período de enchimento de grãos, fatores determinantes para a produção de grãos em cereais (YANG et al., 2008), são dependentes da taxa e duração da produção de fotoassimilados (GELANG et al., 2000). Para tal, a utilização de práticas de manejo que promovam a manutenção da área foliar fotossinteticamente ativa por mais tempo, deve proporcionar condições para que a duração do período de enchimento de grãos seja maior. De outro lado, se não houver fatores restritivos, o contínuo acúmulo de massa seca permitirá o pleno enchimento dos grãos. Em visto do exposto, o presente estudo tem por objetivo avaliar o efeito da aplicação de nitrogênio e de fungicida no estágio de emborrachamento na duração e na taxa de acúmulo de massa seca durante o período de enchimento de grãos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante o ano agrícola de 2005/06, no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, em Planossolo Háptico eutrófico arênico (EMBRAPA, 2006), com as seguintes características físico-químicas: argila= 34%;  $pH_{\text{água}(1:1)} = 5,7$ ;  $P = 9,3 \text{ mg dm}^{-3}$ ;  $K = 52 \text{ mg dm}^{-3}$ ;  $Ca = 7,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $Mg = 3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e M.O. = 2,5 %. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições. O experimento foi arranjado em esquema fatorial, combinando três doses de nitrogênio (fator A) e práticas de manejo conduzidas no estágio de emborrachamento (fator D), caracterizado como R2 segundo escala de Counce et al. (2000).

O preparo do solo para implantação da cultura foi realizado com gradagens e posterior aplainamento superficial do terreno, sendo a semeadura realizada em 03 de novembro de 2005, utilizando-se  $110 \text{ kg ha}^{-1}$  de sementes da cultivar IRGA 417, tratada com inseticida tiametoxan. As adubações fosfatada e potássica foram procedidas com a distribuição na linha de semeadura de  $45 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$  e  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$ , correspondente à aplicação de  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de 0-15-30. A emergência das plântulas ocorreu 12 dias após a semeadura. O controle das plantas daninhas, a primeira aplicação do fertilizante nitrogenado e o estabelecimento da irrigação definitiva foram realizados aos 15 dias após a emergência (DAE).

As doses de nitrogênio que constituíram o fator A (50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>) foram manejadas de modo que uma parte da quantidade total foi aplicada no início do perfilhamento. Nesta ocasião, as quantidades do fertilizante foram variadas entre os níveis do fator, aplicando-se 20, 70 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em solo não-inundado. Na iniciação da panícula, estágio R0 aplicou-se os 30 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio restante.

As práticas de manejo conduzidas no estágio de emborrachamento (R2) constaram da aplicação suplementar de 30 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, da pulverização com fungicida, da combinação dos manejos anteriores, além de um tratamento testemunha. A aplicação do nitrogênio suplementar foi executada aos 74 DAE, imediatamente após a emissão completa da folha bandeira, que caracteriza o início do estágio R2. A aplicação do fungicida foi conduzida aos 78 DAE, quando as plantas de arroz encontravam-se no final do estágio R2, realizando a pulverização da mistura formulada de propiconazol + trifloxistrobina, na dose de 93,75 + 93,75 g ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A pulverização foi realizada com equipamento costal pressurizado a CO<sub>2</sub>, utilizando-se 200 L ha<sup>-1</sup> de calda. Os demais tratamentos culturais foram conduzidos conforme a recomendação técnica para a cultura (SOSBAI, 2005).

Os estádios de desenvolvimento foram determinados seguindo a escala de COUNCE et al. (2000), utilizando-se três plantas identificadas com arame colorido e executando-se verificações semanais no colmo principal. Por ocasião da antese (estádio R4, 83 DAE), determinada quando mais de 50% das plantas avaliadas haviam atingido o estágio estabelecido, foram marcadas 100 panículas em cada parcela experimental, que passaram a ser coletadas em intervalos de cinco dias, sendo a primeira coleta realizada na data de marcação. Para o acompanhamento do enchimento de grãos, foram coletadas 10 panículas em cada intervalo de tempo. Após secagem em estufa de ar forçado a 65°C, todas as espiguetas foram separadas das ramificações e as amostras foram pesadas em balança de precisão.

A duração do período de enchimento de grãos foi estimada por meio do ajuste de equações polinomiais. Desta forma, a duração do enchimento de grãos foi determinada como sendo o intervalo de dias entre a antese e a constatação do acúmulo máximo de massa seca nas panículas (maturação fisiológica). A taxa de acúmulo de massa seca nos grãos foi calculada, considerando o subperíodo entre duas coletas consecutivas, através da seguinte equação:  $\Delta MS = [(MS_{n+1}) - MS_n] / 5$ , onde  $\Delta MS$  é a taxa de acúmulo em g panícula<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> para cada subperíodo,  $MS_{n+1}$  é a massa seca acumulada na última coleta do subperíodo e  $MS_n$  é a massa seca acumulada na primeira coleta do subperíodo.

Determinou-se também a senescência foliar através da observação visual das plantas na área da

parcela. Para tanto, utilizou-se uma escala de 0 a 100, que corresponde à porcentagem de folhas totalmente verdes e totalmente senescentes (cloróticas), respectivamente (CARLESSO et al., 1998). A avaliação da severidade de doenças foliares também foi feita por meio de observações visuais, estimando-se porcentualmente a área foliar atacada. Amostras da folha bandeira foram coletadas para determinação dos teores de nitrogênio. Após secagem em estufa de ar forçado a 65°C as folhas amostradas foram moídas e o teor de nitrogênio foi determinado seguindo metodologia de digestão ácida descrita por TEDESCO et al. (1995).

Os parâmetros avaliados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Para os dados de evolução do enchimento de grãos, a análise de variância foi realizada considerando a subdivisão das parcelas no tempo em função dos intervalos de coletas. Para os resultados de taxa de acúmulo de massa seca, a análise de variância foi realizada para cada subperíodo. Os dados de taxa de acúmulo de massa seca, severidade de doenças, senescência foliar e teor de nitrogênio foram transformados usando raiz quadrada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os dados de evolução de massa seca na panícula, não foi verificada interação entre os fatores considerados na análise de variância. Da mesma forma, esta variável não foi influenciada pelas doses de nitrogênio e/ou pelas práticas de manejo conduzidas durante o estágio de emborrachamento, permitindo o ajuste do conjunto de dados em uma única função (Figura 1). Observa-se que a equação polinomial de terceiro grau foi a que melhor ajustou-se ao padrão de acúmulo de massa seca na panícula, concordando com resultados obtidos por MÉNDEZ et al. (2003), estudando o comportamento do enchimento de grãos em genótipos de arroz no Uruguai.

O período de enchimento de grãos estimado através da equação de ajuste foi de 31 dias a partir da antese, quatro dias antes da colheita, quando a massa seca das espiguetas atingiu 2,50 g panícula<sup>-1</sup>. Desta forma, a duração do período de enchimento de grãos, que tem sido considerado um aspecto determinante para o acúmulo diferenciado de massa seca dos grãos na panícula (GELANG et al., 2000; DIMMOCK & GOODING, 2002), não foi influenciada pelas doses de nitrogênio e pela aplicação de fungicida e nitrogênio durante o estágio de emborrachamento.

Com isso, para as condições do presente estudo, observa-se que os componentes da produtividade relacionados com o acúmulo de massa seca na panícula (número de grãos por panícula, massa de mil grãos e esterilidade de espiguetas) não foram

influenciados pela aplicação dos tratamentos e não contribuíram para a produção diferenciada de massa seca na panícula. GELANG et al. (2000) demonstram que a menor duração da área da folha bandeira e do período de enchimento de grãos, resultam na obtenção de grãos com menor massa. No entanto, como não houve diferença de produção na panícula entre os tratamentos, pode-se assumir que não houve

limitação para o efetivo enchimento dos drenos formados, mesmo no tratamento com o menor aporte de fertilizante nitrogenado ao longo do ciclo da planta (50 kg ha<sup>-1</sup>). BAHLOULI et al. (2008) relatam que os carboidratos acumulados anteriormente à antese podem contribuir com 13 a 70% da produtividade de grãos.

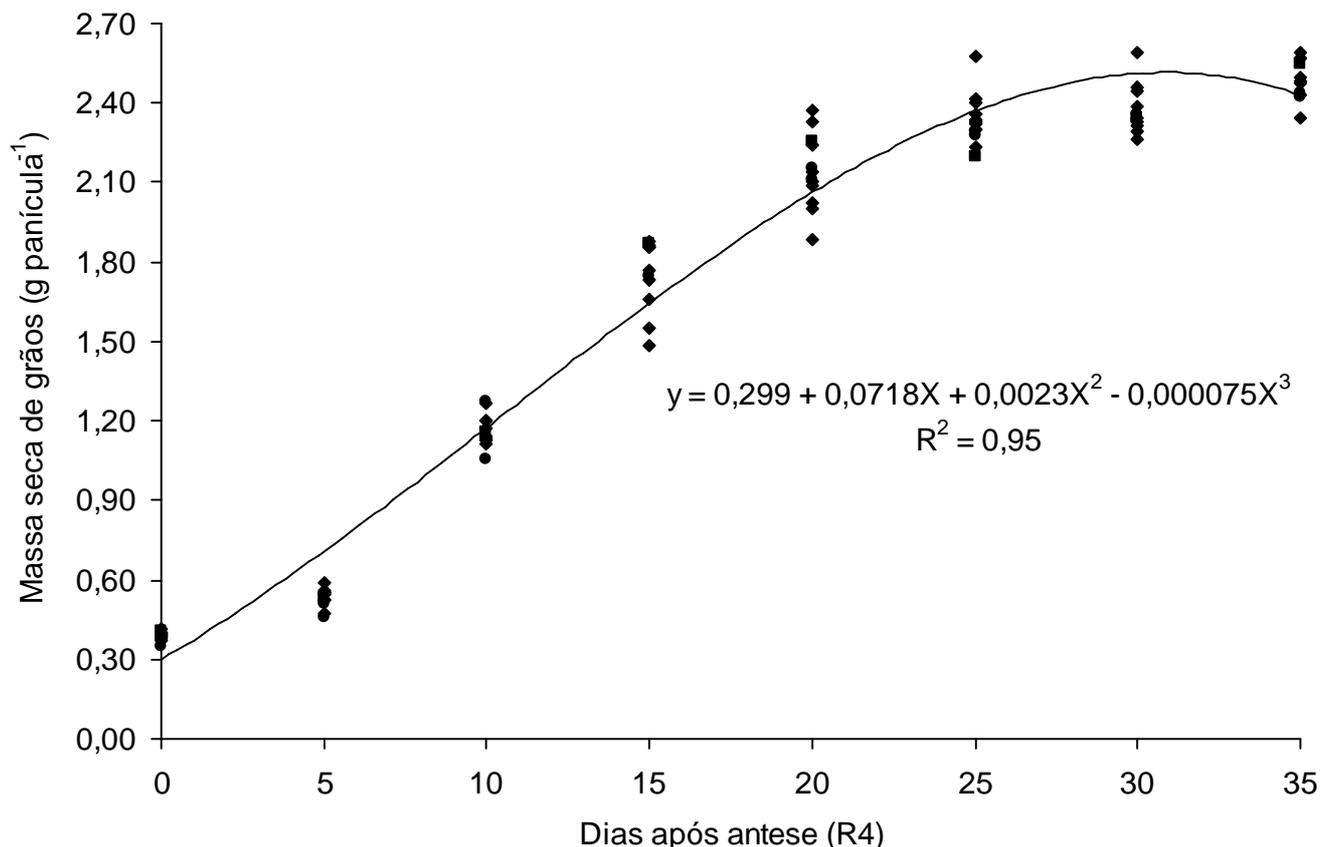


Figura 1 - Evolução da massa seca dos grãos da panícula após a antese (estádio R4) em resposta média a doses de nitrogênio e a aplicação de fungicida e nitrogênio durante o estágio de emborrachamento da cultura do arroz irrigado, cultivar IRGA 417. Santa Maria, RS.

A porcentagem de folhas senescentes aumentou durante o período de enchimento de grãos, sendo que os valores médios situavam-se em 8% no estágio R6 (elongação de pelo menos uma cariopse até a extremidade da casca) e atingiram 37% em R8 (formação de grãos com casca da cor da variedade) (Tabela 1). Este é um comportamento natural durante o período de enchimento de grãos, decorrente da impossibilidade de formação de folhas novas e da

necessidade de remobilização de nitrogênio, que aceleram a senescência foliar e resultam no decréscimo da atividade fotossintética (MAE, 1997; OOKAWA et al., 2003). Apesar da senescência foliar ter sido retardada com o aumento das doses de nitrogênio, em avaliação realizada 22 dias após a antese (R8), destaca-se que este efeito diferencial verificado no terço final do período de enchimento não foi refletido no acúmulo de massa seca nos grãos.

Tabela 1 - Senescência e severidade de doenças foliares aos 90 (R6) e 105 (R8) dias após a emergência (DAE) e teor de nitrogênio aos 73 (R2) e 98 (R7) DAE, em resposta a doses de nitrogênio e a distintos manejos aplicados durante o estágio de emborrachamento da cultura do arroz irrigado, cultivar IRGA 417. Santa Maria, RS.

Doses de nitrogênio	Senescência (%)		Severidade (%)		Teor de nitrogênio (%)	
	R6 <sup>(1)</sup>	R8 <sup>(1)</sup>	R6	R8	R2 <sup>(1)</sup>	R7 <sup>(1)</sup>
50 kg ha <sup>-1</sup>	7 <sup>ns</sup>	44 a <sup>(2)</sup>	0,1 b	1,3 <sup>ns</sup>	2,6 <sup>ns</sup>	2,0 <sup>ns</sup>
100 kg ha <sup>-1</sup>	9	38 b	0,1 b	1,2	2,6	2,1
150 kg ha <sup>-1</sup>	8	30 c	0,3 a	1,0	2,6	2,1
Manejo em R2 <sup>(1)</sup>						
Testemunha	7 <sup>ns</sup>	39 <sup>ns</sup>	0,3 a	1,7 a	--	2,0 <sup>ns</sup>
Fungicida (F)	7	39	0,1 ab	0,8 b	--	2,0
N suplementar (N)	9	37	0,2 ab	1,5 ab	--	2,1
F + N	9	35	0,0 b	0,8 b	--	2,2
Média	8	37	0,2	1,2	2,6	2,1
CV (%)	19,8	7,8	15,3	18,4	4,5	5,7

<sup>(1)</sup> Estádio de desenvolvimento segundo escala proposta por COUNCE et al. (2000).

<sup>ns</sup> Teste F não significativo ( $P \geq 0,05$ ).

<sup>(2)</sup> Médias não seguidas pela mesma letra diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $P \geq 0,05$ ).

-- Coleta realizada antes da aplicação dos tratamentos em R2.

A ocorrência de radiação solar acima da normal durante o ciclo de cultivo (dados não mostrados), propiciou condições energéticas para a plena atividade fotossintética, condicionando o aproveitamento do fertilizante nitrogenado pela planta. Assim, a translocação do nitrogênio armazenado nas folhas e colmos até a antese (NTANOS & KOUTROBAS, 2002) e a partição das folhas mais velhas para as mais novas (KAMACHI et al., 1991), a fim de suprir a atividade metabólica, pode ter contribuído para o pleno enchimento dos grãos em todos os tratamentos. Os resultados de teor de nitrogênio na folha bandeira corroboram neste sentido, uma vez que os teores analisados no estágio R2 e R7 não foram influenciados pelos tratamentos. Isto indica a semelhante capacidade da folha bandeira de suprir a demanda dos grãos formados. Ressalta-se que esta é a folha mais jovem e mais próxima aos drenos, e, portanto, com maior atividade metabólica e contribuição para com o enchimento de grãos (KUMAGAI et al., 2009).

A ausência de resposta da aplicação de fungicida na duração do período de enchimento dos grãos relaciona-se à baixa severidade de doenças foliares observada, com média de 0,2 e 1,2% em avaliação visual realizada no estágio R6 e R8, respectivamente. Desta forma, a ocorrência exclusiva de mancha parda (*Bipolaris oryzae*), foi insuficiente para causar prejuízos à área foliar e à duração do enchimento de

grãos, apesar de ter sido influenciada pelos tratamentos, especialmente pela aplicação de fungicida. No entanto, em condições ambientais favoráveis ao patógeno, o uso de fungicida aumenta a duração da área foliar e do período de enchimento de grãos e a produtividade, conforme demonstraram DIMMOCK & GOODING (2002) na cultura do trigo. RUSKE et al. (2003) relatam ainda que o aumento da duração da área da folha bandeira pelo tratamento fúngico incrementa a quantidade de nitrogênio na biomassa vegetal, decorrente da melhor absorção do solo.

A taxa de acúmulo de massa seca dos grãos na panícula igualmente não foi influenciada pelos tratamentos aplicados em nenhum dos subperíodos considerados (Figura 2). Observa-se que durante o período de enchimento de grãos, a taxa de acúmulo de massa seca para a cultivar IRGA 417 variou entre os subperíodos, indicando ser inadequada à utilização de coeficientes angulares ou taxas constantes em estudos que considerem este parâmetro para avaliação, uma vez que estes não consideram a taxa variável apresentada entre os subperíodos. De forma geral, a taxa de acúmulo de massa seca foi inferior no primeiro subperíodo, aumentou nos subperíodos subsequentes e reduziu novamente no período final do enchimento de grãos, resultados que assemelham-se aos obtidos por MÉNDEZ et al. (2003).

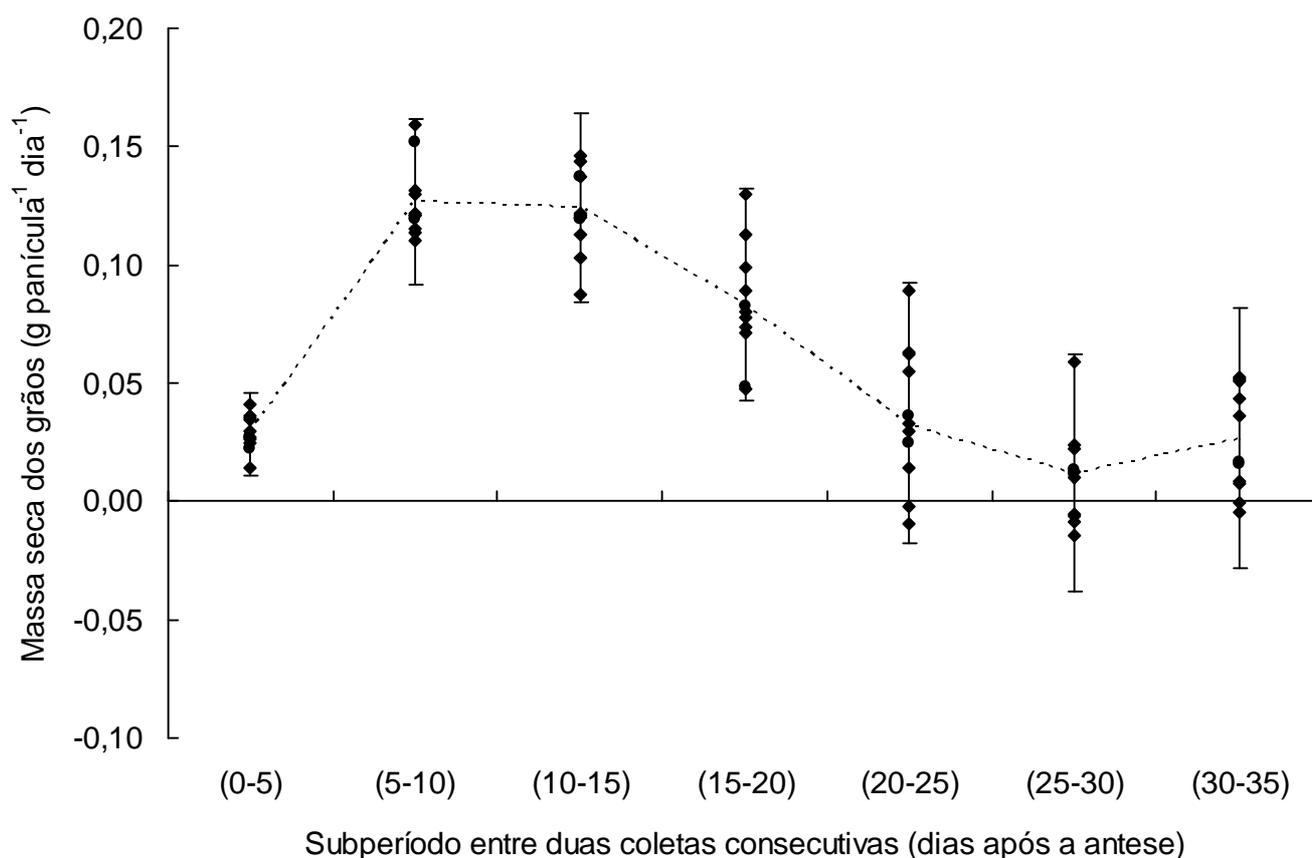


Figura 2 - Taxa de acúmulo de massa seca nos grãos da panícula para o intervalo entre duas coletas em resposta a doses de nitrogênio e a aplicação fungicida e nitrogênio no estágio de emborrachamento da cultura do arroz irrigado, cultivar IRGA 417. Linha descontinua representa a média dos tratamentos e barras verticais a diferença mínima significativa pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Santa Maria, RS.

Apesar das espiguetas não terem sido categorizadas por ocasião da pesagem das amostras, não sendo possível distinguir aquelas posicionadas na parte superior ou inferior da panícula, o reduzido acúmulo de massa nos primeiros cinco dias após a antese relaciona-se com o estágio fenológico descrito por ocasião da avaliação. Nesse momento, as plantas encontram-se com pelo menos uma cariopse da panícula alongando até a extremidade da casca (R5), o que caracteriza o início do acúmulo de massa seca na panícula e, portanto, justificando a reduzida taxa diária.

Os picos de acúmulo de massa seca na panícula foram observados no segundo e terceiro subperíodo, ou seja, entre cinco e 15 dias após a antese, quando a taxa de acúmulo diária atingiu  $0,13 \text{ g panícula}^{-1}$ . Desta forma, somente nos 10 dias referentes aos dois subperíodos, aproximadamente 50% do acúmulo máximo de massa seca na panícula foi atingido indicando ser uma fase relevante para o pleno enchimento dos grãos de arroz. MURCHIE et al. (2002), estudando diferentes variedades, demonstram que uma fase de rápido enchimento de grãos ocorre

aproximadamente aos 10 dias após o florescimento, corroborando com os resultados obtidos no presente estudo com a cultivar IRGA 417. Para a taxa de acúmulo de massa seca, trabalhos realizados com outras culturas não observaram diferenças entre genótipos (AUDE et al., 1994), ou mesmo entre tratamentos com senescência antecipada da folha bandeira (GELANG et al., 2000).

## CONCLUSÃO

O período de enchimento de grãos e a taxa de acúmulo de massa seca nas espiguetas não são influenciados pela aplicação de nitrogênio e fungicida no estágio de emborrachamento, em condição não limitante de doenças, nitrogênio e radiação solar.

O período de enchimento de grãos é de 31 dias para a cultivar IRGA 417 e a taxa de acúmulo de massa seca às espiguetas atinge as maiores taxas entre cinco e 15 dias após a antese.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e ao Fundo de Incentivo a Pesquisa (FIPE) pelo suporte financeiro e pelas bolsas de pesquisa. Os autores agradecem ainda aos demais integrantes do Grupo de Pesquisa em Arroz e Uso Alternativo de Várzea da UFSM pela assistência durante a realização do trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUDE, M.I.S.; MARCHEZAN, E.; MAIRESSE, L.A.S. et al. Taxa de acúmulo de matéria seca e duração do período de enchimento de grão do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, p.1533-1539, 1994.
- BETHENOD, O.; Le CORRE, M.; HUBER, L. et al. Modelling the impact of brown rust on wheat crop photosynthesis after flowering. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.131, p.41-53, 2005.
- CARLESSO, R.; HERNANDEZ, M.G.R.; RIGHES, A.A. et al. Índice de área foliar e altura de plantas de arroz submetidas a diferentes práticas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.3, p.268-272, 1998.
- COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, n.40, p.436-443, 2000.
- DIMMOCK, J.P.R.E.; GOODING, M.J. The effects of fungicide on rate and duration of grain filling in winter wheat in relation to maintenance of flag leaf green area. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.138, p.1-16, 2002.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- GELANG, J.; PLEIJEB, H.; SILD, E. et al. Rate and duration of grain filling in relation to flag leaf senescence and grain yield in spring wheat (*Triticum aestivum*) exposed to different concentrations of ozone. **Physiologia plantarum**, Copenhagen, v.110, p.366-375, 2000.
- KAMACHI, K.; YAMAYA, T.; MAE, T. et al. A role for glutamine synthetase in the remobilization of leaf nitrogen during natural senescence in rice leaves. **Plant Physiology**, Beltsville, v.96, p.411-417, 1991.
- KUMAGAI, E.; ARAKI, T.; KUBOTA, F. Characteristics of gas exchange and chlorophyll fluorescence during senescence of flag leaf in different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars grown under nitrogen-deficient condition. **Plant Production Science**, Shinkawa, v.12, n.3, p.285-292, 2009.
- MAE, T. Physiological nitrogen efficiency in rice: nitrogen utilization, photosynthesis, and yield potential. **Plant and Soil**, The Hague, v.196, p.201-210, 1997.
- MÉNDEZ, R.; ROEL, A.; CASTERÁ, F. Características del llenado de grano para cuatro variedades de arroz en diferentes zafas y épocas de siembra. In: Internacional Temperate Rice Conference, 3., 2003, Punte del Este. **Anais...** Punte del Este: INIA, 2003. CD-ROM.
- MURCHIE, E.H.; YANG, J.; HUNNART, S. et al. Are there associations between grain-filling rate and photosynthesis in the flag leaves of field-grown rice? **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.53, n.378, p.2217-2224, 2002.
- NTANOS, D.A.; KOUTROUBAS, S.D. Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.74, p.93-101, 2002.
- OOKAWA, T.; NARUOKA, Y.; SAYAMA, A. et al. Cytokinin effects on ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase and nitrogen partitioning in rice during ripening. **Crop Science**, Madison, v.44, p.2107-2115, 2004.
- OOKAWA, T.; NARUOKA, Y.; YAMAZAKI, T. et al. A comparison of the accumulation and partitioning of nitrogen in plants between two rice cultivars, Akenohoshi and Nipponbare, at the ripening stage. **Plant Production Science**, Shinkawa, v.6, n.3, p.172-178, 2003.
- POMMEL, B.; GALLAIS, A.; COQUE, M. et al. Carbon and nitrogen allocation and grain filling in three maize hybrids differing in leaf senescence. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.24, p.203-211, 2006.
- RUSKE, R.E.; GOODING, M.J.; JONES, S.A. The effects of triazole and strobilurin fungicide programmes on nitrogen uptake, partitioning, remobilization and grain N accumulation in winter wheat cultivars. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.140, p.395-407, 2003.
- SOSBAI. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Santa Maria, 2005. 159 p.

CAMARGO et al. Efeito da aplicação de nitrogênio e fungicida no estágio de emborrachamento do arroz na duração...

TAKAI, T.; MATSUURA, S.; NISHIO, T. et al. Rice yield potential is closely related to crop growth rate during late reproductive period. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.96, p.328-335, 2006.

TEDESCO, J.M.; GIANELO, C.; BISSANI, C.A. et al. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de solos, Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5)

YANG, W.; PENG, S.; DIONISIO-SESE; M.L. et al. Grain filling duration, a crucial determinant of genotypic variation of grain yield in field-grown tropical irrigated rice. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.105, p.221-227, 2008.