

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

**INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES E
FUNGICIDA SOBRE O ENCHIMENTO DE GRÃOS E O
DESEMPENHO AGRONÔMICO DO ARROZ IRRIGADO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Edinalvo Rabaioli Camargo

**Santa Maria, RS, Brasil
2007**

INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES E FUNGICIDA SOBRE O ENCHIMENTO DE GRÃOS E O DESEMPENHO AGRONÔMICO DO ARROZ IRRIGADO

por

Edinalvo Rabaioli Camargo

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

Orientador: Prof. Dr. Enio Marchesan

Santa Maria, RS, Brasil

2007

C172i	Camargo, Edinalvo Rabaioli, 1982- Influência da aplicação de fertilizantes e fungicida sobre o enchimento de grãos e o desempenho agrônômico do arroz irrigado / por Edinalvo Rabaioli Camargo ; orientador Enio Marchesan. Santa Maria, 2007. 57 f. : il. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2007. 1. Agronomia 2. Arroz irrigado 3. Nitrogênio 4. Fungicida 5. Fertilizante foliar 6. Emborrachamento 7. Senescência foliar I. Marchesan, Enio, orient. II. Título CDU: 633.18.03
-------	--

Ficha catalográfica elaborada por
 Luiz Marchiotti Fernandes – CRB 10/1160
 Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

© 2007

Todos os direitos autorais reservados a Edinalvo Rabaioli Camargo. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: Av. Roraima, Depto de Fitotecnia, prédio 44, sala 5335. Bairro Camobi, Santa Maria, RS, 97105-900

Fone: (0xx)55 3220.8451; (0xx)55 9981.9291; End. Eletr: edinalvo@hotmail.com

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

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

**INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES E FUNGICIDA
SOBRE O ENCHIMENTO DE GRÃOS E O DESEMPENHO
AGRONÔMICO DO ARROZ IRRIGADO**

elaborada por
Edinalvo Rabaioli Camargo

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA

Luis Antonio de Avila, Dr.
(Presidente/Co-orientador)

Leandro Souza da Silva, Dr. (UFSM)

Paulo Regis Ferreira da Silva, Dr. (UFRGS)

Santa Maria, 27 de fevereiro de 2007.

Com imenso carinho e gratidão, dedico:

Aos meus pais, **Neri de Camargo** e **Odete Maria Rabaoli Camargo**, que me ensinaram a lutar honestamente pela concretização dos meus sonhos.

À minha irmã, **Eliete Regina Rabaoli Camargo**, que será sempre a minha “maninha”, pelo precioso tempo de convívio que nos foi suprimido.

À minha noiva, **Síglia Pimentel Höher**, a quem o destino, caprichosamente, permitira encontrar em Santa Maria, pelo seu incentivo, compreensão, companheirismo e pelo seu amor.

AGRADECIMENTOS

Ao bom Deus, pela dádiva da vida.

Ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão da bolsa de estudo.

À Universidade Federal de Santa Maria, pela valiosa acolhida e fundamental assistência estudantil, que permitiram a minha permanência em Santa Maria durante os dez anos de formação profissional.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de realização do curso.

Ao professor Enio Marchesan, pela amizade e ensinamentos, pelo exemplo de dedicação profissional e pela incontestável orientação, não limitada aos aspectos acadêmico-científicos.

Aos professores Luis Antonio de Avila e Leandro Souza da Silva, pela valorosa revisão dos textos e pelo constante incentivo e amizade.

Aos colegas de Pós-Graduação em Agronomia, em especial aos colegas Silvio Carlos Cazarotto Villa e Fernando Machado dos Santos, pelos vários anos de convivência, troca de experiência e trabalho. Ainda, aos colegas Alejandro Kraemer, Melissa Walter, Ramón Méndez e Elisandra Pocojeski, pelas particularizadas formas de contribuição ao trabalho.

Aos estagiários e ex-estagiários do Setor de Agricultura, em especial aos acadêmicos de Agronomia, Tiago Luis Rossato, Gustavo Mack Teló, Paulo Fabrício Massoni, Diego Rost Arosemena, Mara Grohs e Diogo Machado Cezimbra, pelo incansável auxílio e colaboração na execução das freqüentes avaliações de campo.

Aos amigos Gelson Difante, Victor Marzari e Jaqueline Ineu Golombieski.

Aos meus familiares, pelo incentivo, apoio e carinho durante os anos de formação e pelo tempo de convívio que nos foram suprimidos.

À minha noiva Sígilia Pimentel Höher e a sua família, pelo companheirismo, acolhida e incentivo.

A todos os meus amigos, que tornaram a vida em Santa Maria, mais feliz e agradável.

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

RESUMO GERAL

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

INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES E FUNGICIDA SOBRE O ENCHIMENTO DE GRÃOS E O DESEMPENHO AGRONÔMICO DO ARROZ IRRIGADO

AUTOR: EDINALVO RABAIOLI CAMARGO

ORIENTADOR: ENIO MARCHESAN

Santa Maria, 27 de fevereiro de 2007.

A possibilidade de ampliar a duração da capacidade fotossintética durante o período de enchimento de grãos do arroz irrigado com utilização de práticas de manejo que interfiram na nutrição e sanidade das plantas, pode aumentar a produtividade de grãos. Com este propósito foram conduzidos dois experimentos no ano agrícola de 2005/06. O primeiro experimento, com a aplicação de nitrogênio (N) e fungicida no estágio de emborrachamento, teve como objetivos: 1) avaliar a duração da área foliar fotossintetizante e a produtividade de grãos e 2) avaliar a evolução e a taxa de acúmulo de massa seca dos grãos da panícula. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos, arranjados em esquema fatorial, constituíram-se de três doses de N (50, 100 e 150 kg ha⁻¹) e práticas de manejo conduzidas durante o estágio de emborrachamento (aplicação suplementar de 30 kg ha⁻¹ de N, pulverização com fungicida, combinação das práticas anteriores e tratamento testemunha). Não foi verificada interação entre os fatores estudados para as avaliações procedidas durante o período de enchimento de grãos. As práticas de manejo realizadas no emborrachamento não alteraram a área foliar, a progressão da senescência foliar, a produtividade de grãos, os componentes da produtividade, a evolução e a taxa de acúmulo de massa seca dos grãos na panícula. O segundo experimento teve como objetivo avaliar a utilização de diferentes fertilizantes, aplicados via sementes ou no estágio de emborrachamento, sobre a manutenção da área foliar e o desempenho agrônomo do arroz irrigado. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por 10 fertilizantes foliares disponíveis no mercado, dois produtos aplicados via sementes, um fungicida e a testemunha. Não foi verificado efeito dos tratamentos aplicados para nenhum dos parâmetros avaliados. A produtividade de grãos situou-se em 10.000 kg ha⁻¹, indicando que não houve limitação para os níveis produtivos obtidos. Os produtos utilizados no presente estudo não aumentaram a duração da área foliar, a produtividade e a qualidade física dos grãos no arroz irrigado.

Palavras-chave: adubação nitrogenada, emborrachamento; fungicida; fertilizante foliar; produtividade; senescência foliar

GENERAL ABSTRACT

M.S. Dissertation in Agronomy
Agronomy Graduate Program
Federal University of Santa Maria

EFFECT OF FERTILIZERS AND FUNGICIDE APPLICATION ON GRAINS FILLING AND ON RICE CULTURE PERFORMANCE

AUTHOR: EDINALVO RABAIOLI CAMARGO

ADVISER: ENIO MARCHESAN

Santa Maria, February 27, 2007.

Increasing green leaf duration during grain filling in rice, using management practices to enhance plant nutrition and health, can increase grain yield. To test this hypothesis, two experiments were conducted in 2005/06. The first experiment with the objectives of evaluating the effects of nitrogen (N) and fungicide application at booting stage on 1) the green leaf area duration and grain yield and 2) on the evolution of the dry mass accumulation in grains. The treatments were three N rates (50, 100 and 150 kg ha⁻¹) and management practices during the booting stage (supplementary application of 30 kg ha⁻¹ N, fungicide application, and the combination of the previous treatments, including a check treatment). The treatments were arranged in a randomized block design, in a factorial scheme with four replications. Interaction among the treatments was not verified during rice grain filling. Leaf area and senescence, yield, yield components, and evolution and rate of dry mass accumulation in panicle were not affected by the management practices applied on the booting stage. The second experiment had the objective of evaluate the effect of fertilizers applied to seeds or at the booting stage on green leaf maintenance and rice performance. The treatments, which were arranged in a randomized block design with four replications, used ten foliar fertilizers available in the market, two seed treatment products, one fungicide, and a check treatment. The treatments did not affect the variables studied. The average yield was about 10,000 kg ha⁻¹, showing that there was no limitation on plant growth and yield. The products used in this study did not increase the duration of leaf area, the yield and, the grain quality of irrigated rice.

Keywords: nitrogen fertilizer; booting; fungicide; leaf fertilization; yield; foliar senescence

SUMÁRIO

CAPÍTULO

I	INTRODUÇÃO.....	9
II	INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO E FUNGICIDA SOBRE O DESEMPENHO AGRONÔMICO DO ARROZ IRRIGADO ...	16
	Resumo	16
	Abstract	17
	Introdução	17
	Material e métodos	19
	Resultados e discussão.....	21
	Conclusão	27
III	INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO E FUNGICIDA SOBRE A TAXA E DURAÇÃO DO ENCHIMENTO DE GRÃOS NA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO	28
	Resumo	28
	Abstract	28
	Introdução	29
	Material e métodos	31
	Resultados e discussão.....	32
	Conclusão	36
IV	INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES E FUNGICIDA SOBRE O DESEMPENHO AGRONÔMICO DO ARROZ IRRIGADO ...	37
	Resumo	37
	Abstract	38
	Introdução	38
	Material e métodos	40
	Resultados e discussão.....	43
	Conclusão	47
V	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
	APÊNDICES.....	54

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

A obtenção de produtividades cada vez maiores é uma busca constante entre os pesquisadores envolvidos com produção vegetal, estando estes esforços relacionados com a crescente demanda mundial por alimentos e com a limitada disponibilidade de recursos naturais para ampliação horizontal das áreas de cultivo. Além disso, o incremento produtivo pode propiciar a redução dos custos por unidade produzida e a melhoria da margem de lucro, sendo determinante para manutenção da rentabilidade do produtor, especialmente em situações de comercialização com preços reduzidos. Segundo MAE et al. (2006), o aumento da produção mundial de arroz será fundamental para atender o crescimento populacional, devendo este incremento ser obtido pela melhoria da produtividade nas áreas atualmente cultivadas.

Na análise histórica do cultivo de arroz irrigado, destaca-se o papel fundamental do melhoramento genético para obtenção dos patamares produtivos atuais. O desenvolvimento da idéia de planta ideal apresentada por JENNINGS (1964), desenhada para maximizar a interceptação da radiação solar, minimizar o acamamento e responder a utilização de insumos, culminou com o lançamento da cultivar IR8 em 1966. Este genótipo, que morfológicamente apresentava características bastante aproximadas do biótipo idealizado, como porte baixo, entrenós curtos, colmos fortes e folhas eretas (JENNINGS et al., 2002), foi a primeira das cultivares do tipo semi-anã que passaram a superar consistentemente a produtividade dos genótipos de porte alto anteriormente utilizados. No entanto, o potencial produtivo do arroz tem se mantido estagnado, embora muitas cultivares tenham sido desenvolvidas desde o lançamento da IR8, porém com similaridades quanto ao tipo de planta (PENG & KHUSH, 2003).

O advento do arroz híbrido, uma das estratégias propostas pelos pesquisadores desde o surgimento dos genótipos do tipo moderno, apesar do êxito no que tange ao aumento do potencial produtivo, teve sua difusão limitada especialmente pelo alto custo para aquisição das sementes (JENNINGS et al., 2002). O desenvolvimento de plantas de arroz tolerantes a herbicidas do grupo químico das imidazolinonas (CROUGHAN, 1994), possibilitando o controle seletivo

do arroz-vermelho, proporcionou o incremento produtivo em áreas anteriormente comprometidas pela infestação desta planta daninha. Além disso, a perspectiva futura da implantação de características metabólicas de plantas C_4 no arroz irrigado (PINHEIRO et al., 2000; MITCHELL & SHEEHY, 2006), melhorando a atividade fotossintética, poderá resultar em ganhos consideráveis de produtividade.

No entanto, em vista dos inexpressivos aumentos da capacidade produtiva atingidos em mais de 35 anos de pesquisa, JENNINGS et al. (2002) propuseram uma nova estratégia, que consiste em ampliar a atividade fotossintética, através da manutenção da área foliar verde. Com este objetivo, o programa de melhoramento do FLAR (Fundo Latino-Americano de Arroz Irrigado) lançou na Colômbia a cultivar Fedearroz 50, que apresenta folhas de intensa coloração verde e que permanecem fotossinteticamente ativas após mesmo a maturação dos grãos. Para os autores, a seleção de genótipos com estas características, associado à presença de folha bandeira larga e ereta, pode ser um objetivo do melhoramento genético com grande potencial de incremento produtivo.

Corroborando com as idéias de JENNINGS, outros pesquisadores relatam que o atraso da senescência foliar e a manutenção de taxas fotossintéticas elevadas durante a fase reprodutiva são características importantes para o aumento do potencial produtivo (OOKAWA et al., 2004; TAKAI et al., 2006). Assim, a adoção de determinadas práticas de manejo poderá resultar na ampliação da duração da área foliar fotossintetizante, viabilizando alcançar o potencial produtivo dos genótipos atualmente cultivados.

Para prolongar a capacidade fotossintética da planta ao final do ciclo, tem-se a necessidade de retardar o início da senescência foliar. A senescência foliar é um processo que ocorre naturalmente durante o período de enchimento de grãos das espécies com hábito de crescimento determinado. Este processo é altamente coordenado em níveis molecular, celular, bioquímico e fisiológico, envolvendo a degradação de clorofila, proteínas, lipídios e ácidos nucléicos (BUCHANAN-WOLLASTON, 1997). Durante a senescência foliar, uma mudança inicial na estrutura celular é a degradação dos cloroplastos, que contêm 70% das proteínas foliares (GAN & AMASINO, 1997). Desta forma, o decréscimo da atividade de enzimas envolvidas no processo de fotossíntese, tais como a Rubisco, que catalisa a incorporação do CO_2 no ciclo de Calvin-Benson, associa-se ao declínio da capacidade fotossintética durante a senescência.

A senescência não é uniformemente distribuída na superfície foliar e igualmente não é simplesmente um processo degenerativo. Nas folhas, os tecidos próximos da base e os tecidos vasculares, que são requeridos para exportação de nutrientes, são os últimos locais de manifestação da senescência (POMMEL et al., 2006). Além disso, a remobilização de nitrogênio (N), carbono e minerais das folhas maduras para outras partes da planta (BUCHANAN-WOLLASTON, 1997) caracterizam a ciclagem de fotoassimilados existente durante a senescência, beneficiando o enchimento de grãos ou o desenvolvimento de sementes (POMMEL et al., 2006).

Embora a realocação dos fotoassimilados armazenados nos colmos e folhas até a antese contribua parcialmente para a obtenção da produtividade (NTANOS & KOUTROUBAS, 2002), para o completo enchimento, os grãos necessitam do carbono da fotossíntese e do N absorvido pelas raízes (YOSHIDA, 1981; POMMEL et al., 2006). Além disso, em condições de cultivo, o declínio da capacidade fotossintética pode ocorrer precocemente durante o enchimento de grãos, tendo em vista que a senescência não é regulada somente por fatores endógenos, mas também por fatores ambientais, tais como estresses abióticos (CHANDLEE, 2001; POMMEL et al., 2006). Assim, a senescência foliar pode ser antecipada, dentre outros fatores, em função de deficiências nutricionais ou pela ocorrência de patógenos foliares, como exemplos. Neste sentido, a adoção de práticas de manejo relacionadas à nutrição e à sanidade da cultura do arroz irrigado, como forma de ampliação da duração durante o enchimento de grãos, pode propiciar a ativa produção e a efetiva translocação de fotoassimilados aos grãos, com reflexos na produtividade da cultura.

Para este propósito, uma das ações possíveis de serem adotadas refere-se ao manejo do fertilizante nitrogenado, tendo em vista a estreita relação entre o conteúdo de N e a manutenção da atividade fotossintética durante o enchimento de grãos (OOKAWA et al., 2003), período em que o N incorporado em compostos carbônicos torna-se a maior fonte para as folhas mais novas e para os grãos (KAMACHI et al., 1991). Assim, a remobilização do N foliar deve ocorrer concomitantemente com a produção ativa de fotoassimilados, devendo o conteúdo de N ser suficiente para manutenção da taxa fotossintética e, ainda, para que a redistribuição possibilite o adequado acúmulo de reservas nos grãos (SHIRATSUCHI et al., 2006). Nas áreas orizícolas gaúchas, que se caracterizam

pela alta frequência de solos com baixo teor de matéria orgânica (ANGHINONI et al., 2004), o manejo do N durante a fase vegetativa pode alterar a duração da área foliar fotossintetizante, dependendo da quantidade de fertilizante aportado e das condições ambientais para seu aproveitamento.

A utilização de N após o desenvolvimento das estruturas reprodutivas, para compensar um eventual déficit da planta ao final do ciclo, vem sendo estudada na cultura do arroz irrigado. Alguns trabalhos avaliando o efeito da aplicação adicional de N no estágio de emborrachamento encontraram incremento na produtividade (DINGKUHN et al., 1992; WOPEREIS-PURA et al., 2002), decorrente dos benefícios providos pelo aumento da concentração de N foliar na assimilação de CO₂ (DINGKUHN et al., 1992). Em estudo comparativo entre dois genótipos de arroz, OOKAWA et al. (2003) demonstraram que a permanência de alto conteúdo de N nas folhas em um dos genótipos resultou em manutenção de taxa fotossintética mais elevada durante o enchimento de grãos. Os autores também observaram que a manutenção de níveis elevados de N nas folhas pode ser obtida com aplicação adicional de fertilizante nitrogenado.

Alternativamente à recomendação baseada nos estádios pré-determinados da escala de desenvolvimento, conforme sugere a atual recomendação para a cultura do arroz irrigado nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2004), surgem métodos que procuram avaliar a condição nutricional da planta. O monitoramento do índice de clorofila até o estágio de emborrachamento com o auxílio de um medidor portátil, tem-se apresentado como estratégia que contribui para o aumento na eficiência do fertilizante nitrogenado (PENG et al., 1996). Da mesma forma, o acompanhamento da demanda da planta, desde o início do perfilhamento até o florescimento, através da cartela de cores, tem permitido caracterizar o momento adequado de execução da adubação nitrogenada, resultando em aumento na produtividade e no lucro do investimento (SHUKLA et al., 2004). Assim, constata-se que o manejo da adubação nitrogenada não necessariamente limita-se ao início da fase reprodutiva.

Além da possibilidade de melhoria no desempenho metabólico da planta com o aporte ao solo de fertilizantes nitrogenados, existem fertilizantes foliares com potencialidade de utilização, principalmente em condições de déficits nutricionais. O uso de fertilizantes foliares, como forma de suplemento à adubação disponibilizada pelo solo, tem aumentado consideravelmente nas áreas agrícolas brasileiras,

decorrente da busca do incremento produtivo e da presença no mercado de um grande número de produtos de diversas empresas.

A fertilização foliar tem sido utilizada por produtores desde a década de 50, quando a sua eficiência foi demonstrada (TEJADA & GONZALEZ, 2004). Por esta forma de aporte de nutrientes, as folhas e seus componentes possuem papel importante na absorção dos íons (SANTOS & MANJARREZ, 1999). Os nutrientes presentes na solução aplicada à superfície foliar precisam atravessar a camada de cera epicuticular, a cutícula, a parede celular e a membrana plasmática para atingirem o citoplasma das células epidérmicas (WÓJCIK, 2004). Para SCHREIBER (2005), a cutícula e a cera epicuticular representam a maior barreira a ser ultrapassada quando substâncias químicas são aplicadas na superfície foliar.

Devido à presença destes componentes, a absorção de nutrientes não ocorre em toda a superfície foliar, mas sim, em áreas puntiformes que coincidem com a posição dos ectodesmos, que se projetam radialmente em direção à parede celular (SANTOS & MANJARREZ, 1999; WÓJCIK, 2004). Assim, o movimento de solutos, da superfície da folha até à parede celular das células epidérmicas, é um processo não-metabólico governado pela difusão e pelo potencial eletroquímico formado pelo aumento das cargas negativas através da membrana cuticular (WÓJCIK, 2004). Posteriormente, os nutrientes difundem-se pelos espaços interfibrilares ou pelos ectodesmos da parede celular até atingir a membrana plasmática, onde o transporte para o citoplasma da célula requer gasto energético e transportadores específicos. Esta absorção ativa disponibiliza os nutrientes no interior da célula, permitindo a formação de metabólitos, que são translocados para os sítios de maior demanda (SANTOS & MANJARREZ, 1999).

Neste sentido, a utilização de fertilizantes foliares, aplicados ao final do ciclo da cultura, poderá proporcionar uma complementação nutricional, no momento em que a translocação de fotoassimilados para os grãos é determinante para a produtividade (NTANOS & KOUTROUBAS, 2002), atrasando a progressão da senescência foliar. A formulação de produtos comerciais contendo a associação de vários nutrientes, a presença de nutrientes específicos ou de ainda hormônios vegetais são opções existentes no mercado de fertilizantes foliares. No entanto, estudos buscando a validação da eficiência agrônômica de um grupo representativo de produtos na cultura do arroz irrigado são escassos, fazendo-se necessário

conhecer seus efeitos na duração da área foliar durante o enchimento de grãos e os reflexos na produtividade, quando fornecidos na fase reprodutiva da cultura.

Além do aspecto nutricional, a sanidade de plantas torna-se importante quando se busca a manutenção da atividade foliar ao longo da fase reprodutiva, ocasião em que a maioria dos patógenos instalam-se na planta. Nas condições edafoclimáticas do Rio Grande do Sul, historicamente, a principal doença é a brusone, causada pelo fungo *Pyricularia grisea*. Entretanto, tem-se observado aumento na incidência de danos causados por doenças até então consideradas secundárias (RIBEIRO & SPERANDIO, 1998), tais como a mancha parda, a escaladura e a mancha das glumas.

O uso de fungicida proporciona incremento na produtividade do arroz irrigado em níveis variáveis. CELMER & BALARDIN (2003), investigando épocas de controle e fungicidas na cultivar IRGA 417, constataram incremento na produtividade da ordem de 0,2 a 21,2%, com a aplicação de fungicida. Em outro trabalho realizado nas condições gaúchas, MARZARI et al. (2007) relatam aumento na produtividade de arroz em 2,5% com aplicação de fungicida, resultado obtido em ano com baixa severidade de manchas foliares.

As doenças fúngicas da parte aérea diminuem a área foliar e, conseqüentemente, a capacidade de produção de fotoassimilados (BETHENOD et al., 2005), interferindo na duração do enchimento de grãos. DIMMOCK & GOODING (2002), estudando o efeito de fungicidas na taxa e na duração do enchimento de grãos em trigo, demonstraram que o controle de doenças refletiu-se em maior duração da área verde da folha bandeira, ampliando o período de enchimento de grãos e aumentando a produtividade. Assim, a aplicação de fungicidas protetores de doenças em plantas pode influenciar a evolução do acúmulo de massa seca na panícula, condicionando o pleno enchimento das espiguetas fecundadas.

Em vista do exposto, verifica-se a necessidade de estudos que apresentem alternativas de manejo que proporcionem manutenção da área foliar fotossintetizante em plantas de arroz, visando à obtenção de incrementos na produtividade. Com este propósito foram conduzidos dois experimentos no ano agrícola de 2005/06. O primeiro experimento, que se refere às aplicações de N e fungicida no estágio de emborrachamento do arroz irrigado, teve como objetivos: 1) avaliar a duração da área foliar fotossintetizante e a produtividade de grãos (Capítulo II) e 2) avaliar a evolução e a taxa de acúmulo de massa seca dos grãos na panícula

(Capítulo III). O segundo experimento teve como objetivo avaliar a utilização de diferentes fertilizantes, aplicados via sementes ou no estágio de emborrachamento, sobre a manutenção da área foliar e o desempenho agrônômico do arroz irrigado. (Capítulo IV). A descrição dos experimentos, bem como os resultados obtidos a partir da condução dos mesmos, será detalhada nos capítulos que seguem.

CAPÍTULO II

INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO E FUNGICIDA SOBRE O DESEMPENHO AGRONÔMICO DO ARROZ IRRIGADO

EFFECT OF NITROGEN AND FUNGICIDE ON RICE CULTURE PERFORMACE

Resumo

Limitações ao desenvolvimento da planta de arroz provocadas por carência nutricional, especialmente de N, e por doenças, afetam a capacidade fotossintética e a produtividade de grãos. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito das aplicações de N e de fungicida no estágio de emborrachamento do arroz irrigado sobre a duração da área foliar fotossintetizante e a produtividade de grãos. O experimento foi conduzido no ano agrícola 2005/2006, em área experimental de várzea 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, arranjos em esquema fatorial, constituíram-se de doses de N (50, 100 e 150 kg ha⁻¹) e práticas de manejo conduzidas durante o estágio de emborrachamento (aplicação suplementar de 30 kg ha⁻¹ de N, pulverização com fungicida, combinação das duas práticas anteriores e um tratamento testemunha). As doses de N utilizadas promoveram efeitos diferenciados nos parâmetros avaliados até o emborrachamento; no entanto, não foi verificada interação entre os fatores estudados para as avaliações procedidas durante o período de enchimento de grãos. As práticas de manejo realizadas no emborrachamento não alteraram a área e a senescência foliar, a produtividade e os seus componentes. A baixa severidade de doenças foliares e o eficiente aproveitamento do nitrogênio, relacionados às condições ambientais favoráveis durante o ciclo da cultura, podem explicar, em parte, a falta de resposta às práticas de manejo utilizadas.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L.; enchimento de grãos; índice de área foliar; senescência foliar

Abstract

Limiting factors to rice plants development caused by nutritional deficiency, especially by lack of N, and by diseases, affect the photosynthetic capacity and rice yield. The objective of this experiment was to evaluate the effect of the N and fungicide applications at the booting stage on photosynthetic area and rice yield. The experiment was conducted in 2005/06 in Santa Maria-RS, Brazil. The treatments included N rates (50, 100 and 150 kg ha⁻¹) and management practices during the booting stage (supplementary application of 30 kg ha⁻¹ N, fungicide application, the combination of the previous treatments, and a check treatment). The treatments were arranged in a randomized block design, in a factorial scheme, with four replications. The N rates promoted differences on the evaluated parameters until the booting stage. However, interaction among the treatments was not verified during rice grain filling. The management practices applied at booting stage did not affect foliar area and senescence, grain yield and grain yield components. The low occurrence of diseases, the high efficiency of N used and the suitable climatic conditions for rice yield can explain the lack of response to the management practices.

Keywords: *Oryza sativa* L.; grain filling; leaf area index; leaf senescence

Introdução

Após o florescimento em plantas com hábito de crescimento determinado ocorre naturalmente a redução da área e da atividade foliar. Este comportamento encontra-se associado à translocação de fotoassimilados (NTANOS & KOUTROUBAS, 2002) e à redução da taxa fotossintética (OOKAWA et al., 2003), que resultam em senescência foliar. Na cultura do arroz irrigado, o declínio da capacidade fotossintética pode ocorrer precocemente durante o enchimento de grãos, período em que a fotossíntese é responsável por 60 a 100% do conteúdo final de carbono armazenado nos grãos (YOSHIDA, 1981). O início da senescência foliar pode ser influenciado por determinadas práticas de manejo, sendo especialmente visualizada em situações de déficits nutricionais e com a ocorrência de doenças foliares.

A mobilidade do N na planta e a sua relação com o processo fotossintético fazem com que ele desempenhe papel importante no acúmulo de massa seca nos grãos. Desta forma, a remobilização do N foliar deve ocorrer concomitantemente com a produção ativa de fotoassimilados, devendo o conteúdo de N ser suficiente para a manutenção da taxa fotossintética e, ainda, para que a redistribuição possibilite o adequado acúmulo de reservas nos grãos (SHIRATSUCHI et al., 2006). O manejo da adubação nitrogenada pode alterar a senescência foliar, dependendo da quantidade de fertilizante aportado e das condições ambientais para seu aproveitamento, podendo refletir-se na produtividade da cultura.

Assim, a utilização de N após o desenvolvimento das estruturas reprodutivas, a fim de satisfazer um eventual déficit da planta ao final do ciclo, vem sendo estudada na cultura do arroz irrigado. Alguns trabalhos, avaliando o efeito da aplicação adicional de N no estágio de emborrachamento, evidenciaram incremento na produtividade (DINGKUHN et al., 1992; WOPEREIS-PURA et al., 2002), decorrente dos benefícios providos pelo aumento da concentração de N foliar na assimilação de CO₂ (DINGKUHN et al., 1992).

Além do aspecto nutricional, a sanidade de plantas torna-se importante quando se busca a manutenção da atividade foliar ao longo da fase reprodutiva, ocasião em que a maioria dos patógenos instalam-se na planta. As doenças fúngicas da parte aérea diminuem a área foliar e, conseqüentemente, a capacidade de produção de fotoassimilados (BETHENOD et al., 2005), interferindo no enchimento de grãos. No Rio Grande do Sul, observa-se a freqüente ocorrência de doenças fúngicas, com destaque para as manchas foliares, na maioria das cultivares utilizadas atualmente. Nesse sentido, a aplicação de fungicidas tem propiciado incremento da produtividade da cultura em diferentes situações de cultivo (CELMER & BALARDIN, 2003; FAGERIA & PRABHU, 2004; MARZARI et al., 2007).

A possibilidade de ampliar a duração da área foliar fotossintetizante, mantendo a taxa fotossintética, pela execução de determinadas práticas de manejo, pode refletir-se na produtividade, viabilizando a obtenção do potencial produtivo da espécie e das cultivares. Em visto do exposto, conduziu-se um experimento com o objetivo de avaliar o efeito das aplicações de N e de fungicida no estágio de emborrachamento, na duração da área foliar fotossintetizante e na produtividade de grãos do arroz irrigado.

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 um Planossolo Hidromórfico eutrófico arênico, com as seguintes características físico-químicas: argila= 34%; $\text{pH}_{\text{água}}(1:1) = 5,7$; $\text{P} = 9,3 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{K} = 52 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Ca} = 7,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $\text{M.O.} = 2,5\%$.

O preparo do solo para implantação da cultura foi realizado com gradagens e posterior aplainamento superficial do terreno, sendo a semeadura realizada em 03 de novembro de 2005, utilizando-se 110 kg ha^{-1} de sementes da cultivar IRGA 417, tratadas com o inseticida tiametoxam. As adubações fosfatada e potássica foram procedida com a distribuição na linha de semeadura de 45 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 90 kg ha^{-1} de K_2O , correspondente à aplicação de 300 kg ha^{-1} da formulação 0-15-30. A emergência das plântulas ocorreu 12 dias após a semeadura e o controle de plantas daninhas, a primeira aplicação do fertilizante nitrogenado e a irrigação definitiva foram realizadas aos 15 dias após a emergência (DAE). Os demais tratos culturais foram conduzidos conforme as recomendações técnicas para a cultura (SOSBAI, 2005).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os 12 tratamentos estudados foram formados pela combinação de três doses de N (fator A) e quatro práticas de manejo conduzidas no estágio de emborrachamento (fator D). As doses de N ($50, 100$ e 150 kg ha^{-1}) foram manejadas de modo que uma parte da quantidade total foi aplicada no início do perfilhamento, quando as plantas de arroz se encontravam no estágio V4, segundo a escala de desenvolvimento proposta por COUNCE et al. (2000). Nesta ocasião, as quantidades do fertilizante foram variadas entre os níveis do fator A, aplicando-se $20, 70$ e 120 kg ha^{-1} de N em solo não-inundado. No estágio de iniciação da panícula (RO), executou-se a aplicação dos 30 kg ha^{-1} de N restante.

As práticas de manejo conduzidas no estágio de emborrachamento (R2) constaram da aplicação suplementar de 30 kg ha^{-1} de N, da pulverização com fungicida, da combinação de nitrogênio suplementar e fungicida, além de um tratamento testemunha. O N foi aplicado aos 74 DAE, imediatamente após a emissão completa da folha bandeira, que caracteriza o início do estágio de emborrachamento. A aplicação de fungicida foi realizada aos 78 DAE, quando as

plantas de arroz se encontravam no final do estágio R2, dois dias antes da exsurgência da panícula (R3). A aplicação preventiva do fungicida foi realizada através da pulverização da mistura formulada de propiconazol + trifloxistrobina, na dose de 93,75 + 93,75 g ha⁻¹, respectivamente, sendo realizada com pulverizador costal de precisão pressurizado a CO₂, utilizando-se 200 L ha⁻¹ de calda.

A avaliação da população inicial de plantas foi realizada aos 15 DAE, em um local representativo da unidade experimental, demarcando um metro na linha de semeadura e efetuando a contagem das plantas. No mesmo local, após o desbaste das plantas para homogeneizar a população em torno da média, foi executado o acompanhamento da emissão de colmos. A contagem para estimativa do número de colmos foi realizada semanalmente até os 57 DAE. Para quantificação do índice de área foliar, três plantas distribuídas uniformemente no metro linear demarcado foram marcadas e submetidas à avaliação não-destrutiva. A área foliar foi calculada pelo comprimento e largura de cada folha, multiplicado por 0,75, exceto para a avaliação realizada aos 105 DAE onde se utilizou o coeficiente de 0,67 como fator de correção (YOSHIDA, 1981).

Os estádios de desenvolvimento foram determinados seguindo a escala proposta por COUNCE et al. (2000), objetivando a caracterização dos momentos de execução das principais práticas culturais. Para tal, na área de avaliação foram marcadas três plantas com arame colorido, executando-se verificações semanais no colmo principal. No apêndice A, encontram-se descritos e ilustrados os principais estádios da fase reprodutiva.

A leitura SPAD foi determinada por meio de um clorofilômetro, modelo SPAD 502 DL Meter (Minolta). O índice médio de cada tratamento foi resultante da observação de dez folhas do ápice (última folha completamente expandida), realizando-se aferições nas extremidades e no centro de cada folha. Nas avaliações realizadas após a aplicação dos tratamentos no estágio de emborrachamento, as leituras foram executadas na última (bandeira) e penúltima folha.

Determinou-se também a senescência foliar através da observação visual das plantas na área da parcela. Para tanto, utilizou-se uma escala de 0 a 100, que corresponde à porcentagem de folhas totalmente verdes e totalmente senescentes (cloróticas), respectivamente (CARLESSO et al., 1998). A avaliação da severidade de doenças foliares também foi feita por meio de observações visuais, estimando-se porcentualmente a área foliar atacada. A produtividade de grãos foi estimada através

da colheita manual de 6,0 m² (5,0 x 1,2m), quando os grãos apresentavam umidade média de 22%. Após a trilha, limpeza e pesagem dos grãos com casca, os dados foram corrigidos para 13% de umidade e convertidos para kg ha⁻¹. Os componentes da produtividade, número de panícula por metro quadrado, número de grãos por panícula, massa de mil grãos e esterilidade de espiguetas, foram determinados pela contagem das panículas no metro linear demarcado e pela coleta de 10 panículas por ocasião da colheita.

Os parâmetros avaliados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo testes de Tukey (P≤0,05). Os dados de índice de área foliar, senescência foliar, severidade de doenças e esterilidade de espiguetas foram transformados para $yt = \sqrt{y + 0,5}$. Para os resultados expressos graficamente, determinou-se o intervalo de confiança (P≤0,05).

Resultados e discussão

A população de plantas do experimento ficou em torno de 200 plantas m⁻², situando-se dentro da faixa preconizada para obtenção de altas produtividades. As doses de N utilizadas promoveram efeitos diferenciados nos parâmetros avaliados anteriormente ao emborrachamento. A produção de colmos aumentou de forma distinta para as doses de N, atingindo valores máximos com a formação do colar da décima folha (V10), momento em que foram quantificados 615 colmos m⁻² no tratamento com 50 kg ha⁻¹ N e 925 colmos m⁻² no tratamento com aplicação de 150 kg ha⁻¹ (Figura 1). A partir deste estágio, o número de colmos passou a decair, sendo o declínio mais acentuado nas doses maiores de N, proporcionando menores diferenças entre os tratamentos no estágio V12 (57 DAE). O efeito de doses de N no comportamento do perfilhamento decorre basicamente da aplicação realizada no início do perfilhamento, uma vez que a aplicação em RO foi realizada aos 50 DAE. MAE (1997) demonstra que o N absorvido durante a fase vegetativa promove o rápido crescimento da planta e o aumento do número de perfilhos, determinando o número potencial de panículas, que é um importante componente da produtividade.

A evolução do índice de área foliar (IAF) também foi influenciada pelas doses de N, sendo as diferenças constatadas a partir de V10, ocasião em que os tratamentos com doses de 100 e 150 kg ha⁻¹ evidenciaram IAF superior ao da dose

de 50 kg ha⁻¹ (Figura 2A). Esta tendência persistiu até o estágio de emborrachamento, permitindo a obtenção de valores de IAF de 7,5 nas doses maiores, sendo este 30% superior em relação a menor dose.

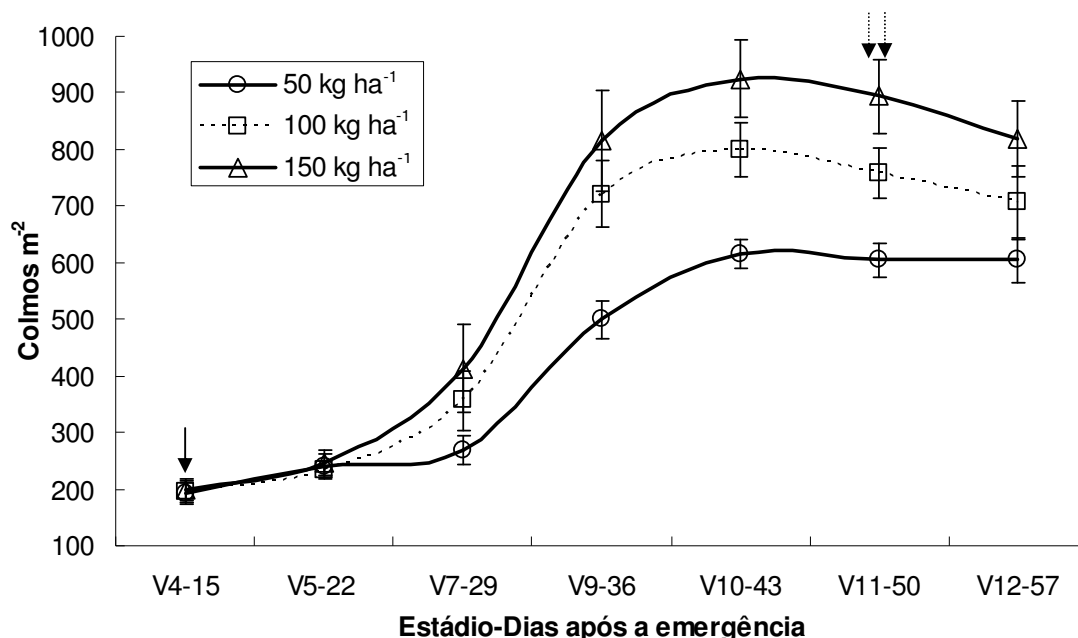


Figura 1. Número de colmos m⁻² para as três doses de nitrogênio (fator A) nas avaliações procedidas anteriormente à aplicação dos manejos no estágio de emborrachamento. Setas simples e dupla representam o momento da 1ª e da 2ª aplicação nitrogenada de cobertura, respectivamente. Santa Maria, RS. 2007.

O número máximo de colmos m⁻² foi alcançado antes do máximo IAF. Para os dados aqui apresentados, as plantas deixam de emitir perfilhos com IAF de 2,3 na menor dose, enquanto na maior dose o IAF crítico atinge 3,6. Comportamento similar foi observado por ZHONG et al. (2002) em estudo relacionando o IAF e a taxa de perfilhamento. Os autores estabeleceram valores críticos de IAF, a partir do qual a emissão de perfilhos deixa de ocorrer, sendo estes afetados pelo nível de N aportado.

Para as leituras SPAD, observa-se que os valores aumentaram conforme o acréscimo das doses de N nas avaliações realizadas nos estádios V7 e V10. No entanto, as diferenças deixaram de existir nas avaliações subseqüentes, o que pode ser decorrência da aplicação de N em doses idênticas no estágio RO (50 DAE), que

equilibrou os valores na última folha expandida (Figura 2B). A absorção e translocação do N para as folhas novas propiciaram aumento no índice SPAD, que se situava em 34 na avaliação realizada em V10 e passou para 39 na avaliação realizada em V12, demonstrando a importância deste nutriente para formação do aparato fotossintético (MAE, 1997).

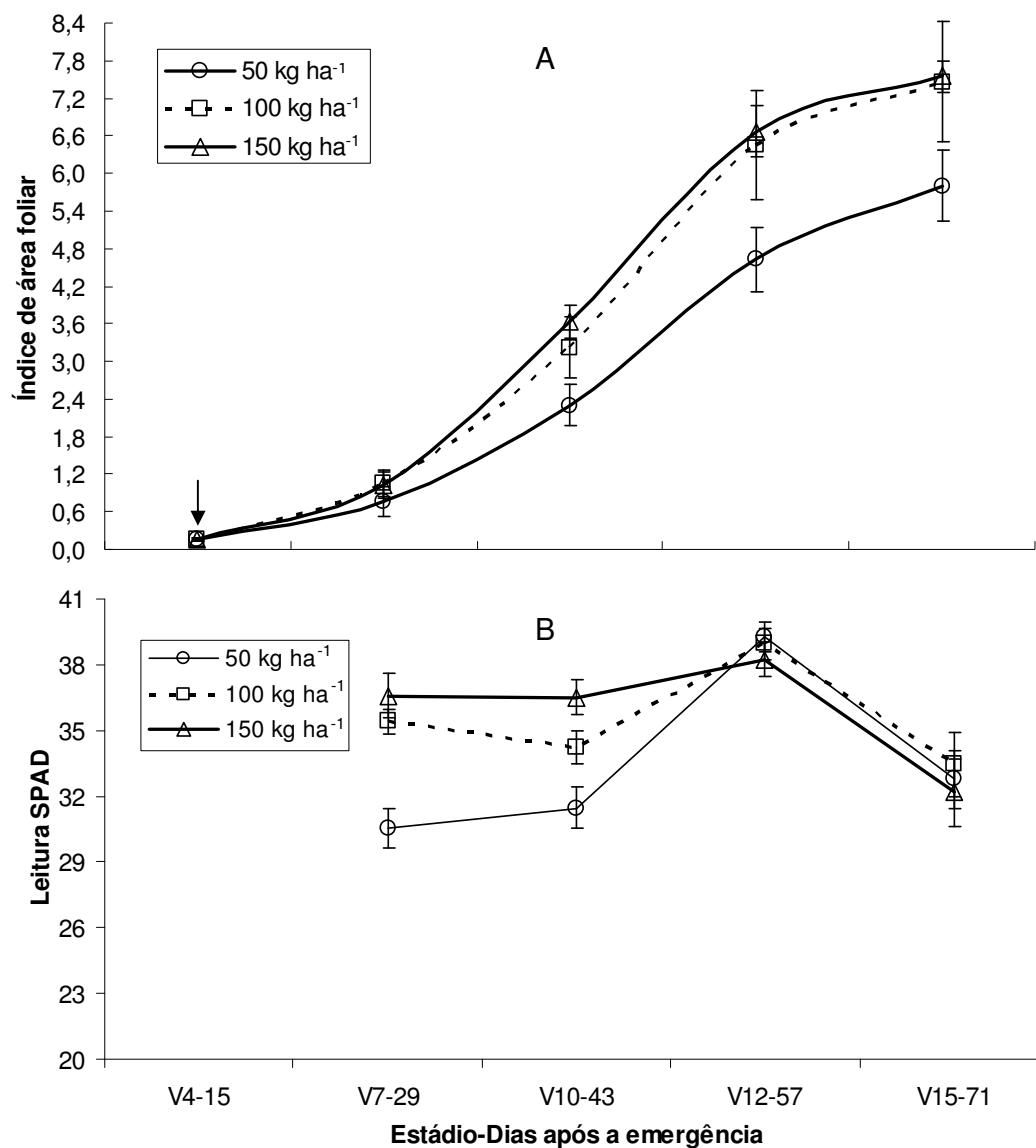


Figura 2. Índice de área foliar (A) e leitura SPAD (B) para as três doses de nitrogênio (fator A) nas avaliações procedidas anteriormente à aplicação dos manejos no estágio de emborrachamento. Seta simples representa o momento da 1ª aplicação nitrogenada de cobertura. Santa Maria, RS. 2007.

O acompanhamento da leitura SPAD até o estágio de emborrachamento foi utilizado por PENG et al. (1996) para manejar o fertilizante nitrogenado, realizando a aplicação de cobertura quando o valor estivesse abaixo de 35. Com essa metodologia, os autores conseguiram aumentar a eficiência da adubação nitrogenada. No presente trabalho, este valor referencial não foi alcançado até o estágio V12 na dose de 50 kg ha⁻¹ de N e, no estágio V15, situava-se em patamar inferior para todas as doses de N. Ressalta-se que devem existir diferenças genéticas a serem consideradas e que podem determinar variações para as leituras de clorofila entre diferentes cultivares.

Não foi verificada interação entre os fatores estudados para as avaliações procedidas durante o período de enchimento de grãos. O IAF foi semelhante entre as doses de N aplicado e entre os manejos conduzidos durante o estágio de emborrachamento embora, em valores absolutos, o IAF tenha aumentado com incremento das doses de N (Tabela 1).

Tabela 1. Índice de área foliar (IAF), senescência e severidade de doenças foliares aos 90 (R6) e 105 (R8) dias após a emergência, em resposta a doses de nitrogênio (N) e aos manejos aplicados durante o estágio de emborrachamento da cultura do arroz irrigado. Santa Maria, RS. 2007.

Doses de N	IAF		Senescência (%)		Severidade (%)	
	R6 ⁽¹⁾	R8 ⁽¹⁾	R6	R8	R6	R8
50 kg ha ⁻¹	4,9 ^{ns}	2,1 ^{ns}	7 ^{ns}	44 a ⁽²⁾	0,1 b	1,3 ^{ns}
100 kg ha ⁻¹	5,7	2,5	9	38 b	0,1 b	1,2
150 kg ha ⁻¹	5,9	2,8	8	30 c	0,3 a	1,0
Manejo em R2⁽¹⁾						
Testemunha	4,9 ^{ns}	2,4 ^{ns}	7 ^{ns}	39 ^{ns}	0,3 a	1,7 a
Fungicida (F)	5,4	2,4	7	39	0,1 ab	0,8 b
N suplementar (N)	5,3	2,2	9	37	0,2 ab	1,5 ab
F + N	6,2	3,0	9	35	0,0 b	0,8 b
Média	5,5	2,5	8	37	0,2	1,2
C.V. (%)	11,1	13,8	19,8	7,8	15,3	18,4

⁽¹⁾ Estádio de desenvolvimento segundo escala proposta por COUNCE et al. (2000).

^{ns} Teste F não significativo (P≥0,05).

⁽²⁾ Médias não seguidas pela mesma letra diferem entre si pelo Teste de Tukey (P≥0,05).

Destaca-se a redução da área foliar em 55%, desde a elongação de pelo menos uma cariopse à extremidade da casca (R6) até à formação de grãos com casca marrom (R8), indicando a translocação de fotoassimilados das folhas (fonte) para os grãos (dreno). As folhas são as maiores fontes de N para remobilização,

sendo este um processo que acelera a senescência foliar e resulta no rápido decréscimo da atividade fotossintética (MAE, 1997). Por outro lado, TAKAI et al. (2006) demonstram a importância da fotossíntese no dossel vegetativo durante a fase reprodutiva e relatam que este é o próximo passo para o aumento do potencial produtivo.

A senescência foliar foi retardada com o aumento das doses de N na avaliação realizada no estágio R8, momento em que se aproximava a colheita. Os manejos conduzidos durante o estágio de emborrachamento não alteraram o decréscimo da área foliar que continuou ocorrendo de R6 para R8 e igualmente não influenciaram a senescência foliar. Apesar de ser influenciada pelos tratamentos, especialmente pela aplicação de fungicida, a severidade de doenças foliares foi baixa, sendo insuficiente para causar prejuízos à área foliar e à produtividade.

O índice SPAD na folha decresceu nas avaliações realizadas durante o período de enchimento de grãos. As principais diferenças observadas relacionaram-se principalmente às doses de N aplicadas na fase vegetativa (Figura 3A). O incremento das doses de N aumentou o índice SPAD tanto na folha bandeira como na penúltima folha. Na avaliação realizada em R7, observa-se que as leituras são menores na penúltima folha, especialmente na menor dose de N. Isso decorre da remobilização de N das folhas mais velhas para suprir a atividade metabólica das folhas novas e dos grãos (KAMACHI et al., 1991). Para os manejos conduzidos durante a fase de emborrachamento, apesar de existir tendência de superioridade nos tratamentos com aplicação suplementar de N, os valores não diferem estatisticamente (Figura 3B).

Semelhante aos demais parâmetros avaliados, não houve interação entre os fatores estudados para produtividade de grãos. Com relação às doses de N, obteve-se produtividade ao redor de $10.000 \text{ kg ha}^{-1}$ com utilização de 100 e 150 kg ha^{-1} de N, sendo estas superiores àquela obtida com 50 kg ha^{-1} de N (Tabela 2). Da mesma forma, o maior número de panículas por metro quadrado foi alcançado nas maiores doses, evidenciando a relação entre a produtividade e o efeito do fertilizante nitrogenado na formação dos componentes da produtividade, no aumento do aparato fotossintético e no acúmulo de fotoassimilados durante a fase que antecede a emissão das panículas. NTANOS & KOUTROBAS (2002) relatam que maiores quantidade de massa seca e N acumulados até o florescimento resultam em maiores quantidades de carbono e N translocados para os grãos.

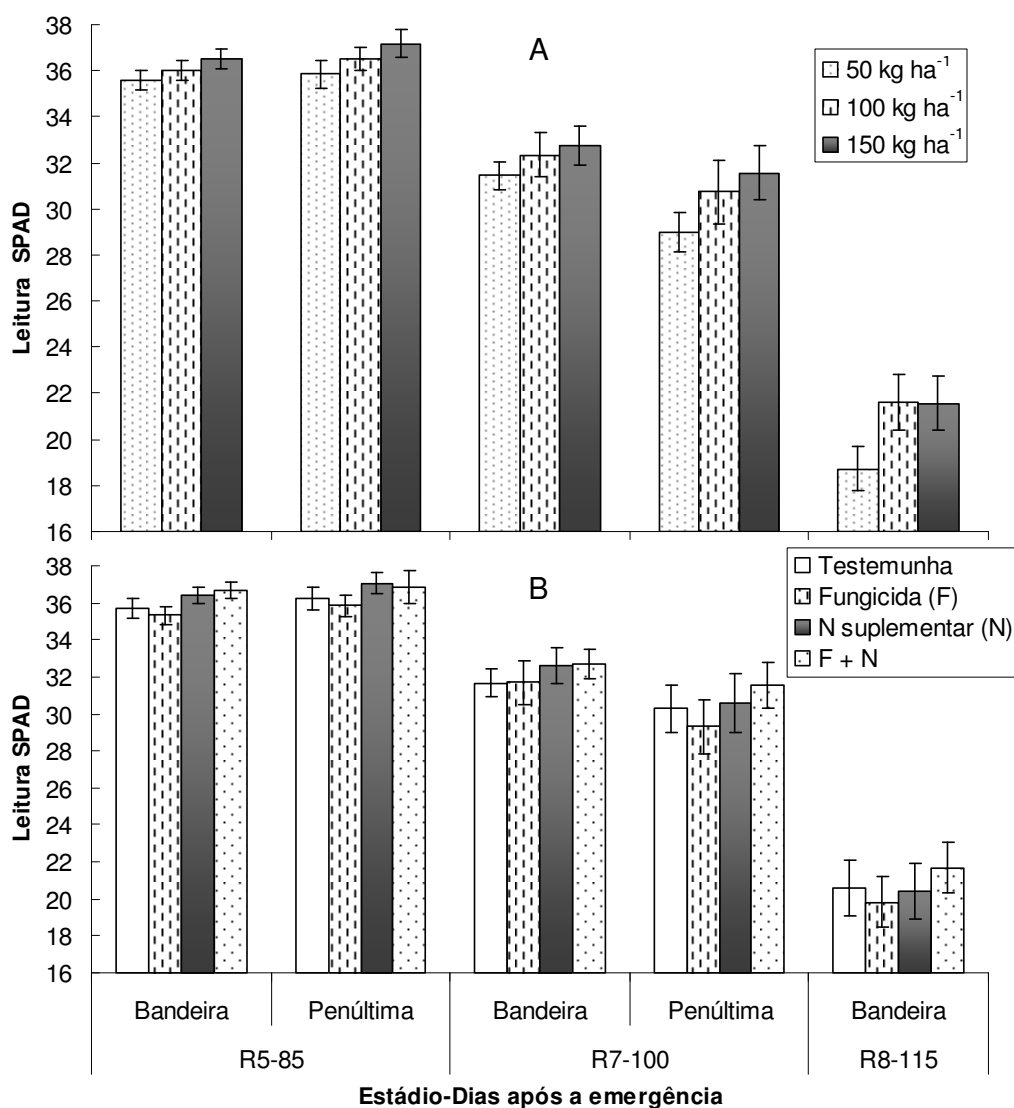


Figura 3. Índice SPAD na última (bandeira) e na penúltima folha em resposta às doses de nitrogênio (A) e a distintos manejos conduzidos durante estágio de emborrachamento (B) da cultura do arroz irrigado. Santa Maria, RS. 2007.

Para as condições de realização do trabalho, os manejos realizados durante o estágio de emborrachamento não influenciaram a produtividade e os seus componentes. A baixa severidade de doenças foliares e o eficiente aproveitamento do nitrogênio, relacionados às condições ambientais favoráveis durante o ciclo da cultura, podem explicar em parte, a falta de resposta às práticas de manejo no período reprodutivo. A ocorrência de radiação solar acima da normal durante os meses de novembro a março (Apêndice B) propiciou condições energéticas para a

plena atividade fotossintética, condicionando o aproveitamento do N absorvido anteriormente ao estágio de emborrachamento.

Tabela 2. Produtividade, panículas por metro quadrado (PMQ), número de grãos por panícula (GP), massa de mil grãos (MMG) e esterilidade de espiguetas (EE), em resposta a doses de nitrogênio (N) e a distintos manejos conduzidos durante o estágio de emborrachamento da cultura do arroz irrigado. Santa Maria, RS. 2007.

Doses de N	Produtividade (kg ha ⁻¹)	PMQ	GP	MMG (g)	EE (%)
50 kg ha ⁻¹	9.313 b ⁽²⁾	469 b	77 ^{ns}	25,9 ^{ns}	4,1 ^{ns}
100 kg ha ⁻¹	9.910 a	515 a	83	25,8	3,9
150 kg ha ⁻¹	10.125 a	514 a	84	25,6	4,6
Manejo em R2⁽¹⁾					
Testemunha	9.904 ^{ns}	515 ^{ns}	82 ^{ns}	25,4 ^{ns}	4,1 ^{ns}
Fungicida (F)	10.066	480	83	25,8	4,0
N suplementar (N)	9.451	488	82	25,9	4,4
F + N	9.711	515	78	26,0	4,3
Média	9.783	500	81	25,8	4,2
C.V. (%)	6,5	10,4	12,5	3,4	13,1

⁽¹⁾ Estádio de desenvolvimento segundo escala proposta por COUNCE et al. (2000).

⁽²⁾ Médias não seguidas pela mesma letra diferem entre si pelo Teste de Tukey (P≥0,05).

^{ns} Teste F não significativo (P≥0,05).

Além disso, verificou-se precipitações abaixo da normal, especialmente no mês de fevereiro (Apêndice C), que coincidiu com o florescimento da cultura e reduziu a ocorrência de patógenos foliares na cultura. Destaca-se também a ausência de temperaturas baixas prejudiciais na fase reprodutiva (Apêndice D), conforme se observa pelos baixos valores de esterilidade de espiguetas obtidos no experimento.

Conclusão

A aplicação suplementar de N e o uso de fungicida no emborrachamento, em condições de baixa severidade de doenças foliares e sem restrições climáticas, não afetam a duração da área foliar fotossintetizante, os componentes e a produtividade de grãos do arroz irrigado.

CAPÍTULO III

INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO E FUNGICIDA SOBRE A TAXA E DURAÇÃO DO ENCHIMENTO DE GRÃOS NA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO

EFFECT OF NITROGEN AND FUNGICIDE APPLICATION ON RATE AND GRAIN FILLING DURATION IN PADDY RICE

Resumo

O acúmulo de massa seca nos grãos ocorre concomitantemente com o declínio fotossintético associado à senescência foliar, que pode ser antecipada, dentre outras causas, pela deficiência de nitrogênio (N) e/ou pela ocorrência de patógenos foliares. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito da aplicação de N e de fungicida no estágio de emborrachamento na duração e na taxa de acúmulo de massa seca durante o enchimento de grãos. O experimento foi conduzido no ano agrícola 2005/2006, em área experimental de várzea do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, RS. Os tratamentos, arranjos em esquema fatorial, constituíram-se de doses de N (50, 100 e 150 kg ha⁻¹) e práticas de manejo conduzidas durante o estágio de emborrachamento (aplicação suplementar de 30 kg ha⁻¹ de N, pulverização com fungicida, combinação das duas práticas anteriores e um tratamento testemunha). A evolução e a taxa de acúmulo de massa seca nos grãos não foram influenciadas pelas doses de N e/ou pelas práticas de manejo aplicadas durante o estágio de emborrachamento. A duração do enchimento do período de enchimento de grãos foi de 31 dias e o acúmulo diário de massa seca nos grãos atingiu as maiores taxas entre cinco e 15 dias após a antese.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L.; deficiência de N; doenças foliares; estágio de emborrachamento; órgãos de reserva

Abstract

The dry mass accumulation in grains occurs at the same time when the photosynthetic activity declines due to foliar senescence which can be anticipated,

among others causes, because of the N deficiency and/or foliar pathogens occurrence. The objective of this experiment was to evaluate the effect of the nitrogen and fungicide applications at 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 2005/06 in Santa Maria-RS, Brazil. The treatments included three nitrogen rates (50, 100 and 150 kg ha⁻¹) and management practices applied at booting stage (supplementary application of 30 kg ha⁻¹ of N, fungicide application, and the combination of the previous treatments, besides check treatment). The treatments were arranged in a randomized block design, in a factorial scheme, with four replications. Evolution and rate of dry mass accumulation in grains were not affected by N rates or by the 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.

Keywords: *Oryza sativa* L.; grain filling, nitrogen deficiency; foliar diseases; booting stage; storage organs

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 ao declínio fotossintético associado à senescência foliar. Na cultura do arroz irrigado, o atraso 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 N e/ou pela ocorrência de patógenos foliares. Neste sentido, a adoção de práticas de manejo relacionadas com a nutrição e a sanidade da cultura do arroz irrigado, como forma de ampliação da duração foliar durante o enchimento de grãos, pode propiciar a ativa produção e a efetiva translocação de fotoassimilados aos grãos, com reflexos na duração do período e na taxa de enchimento.

A manutenção da atividade fotossintética durante o período de enchimento de grãos possui estreita relação com o teor de N. OOKAWA et al. (2003), em estudo comparativo entre dois genótipos de arroz, demonstraram que a permanência de alto teor de N 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 N nas folhas, pode ser obtida com aplicação adicional de fertilizante nitrogenado.

Para o completo enchimento, os grãos necessitam de carbono da fotossíntese e do N absorvido pelas raízes e remobilizado pelas folhas (POMMEL et al., 2006). No entanto, como a maior parte do N 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 N 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 na duração do enchimento de grãos em trigo, demonstraram que o controle de doenças refletiu-se na duração da área verde da folha bandeira e ampliou o período de enchimento de grãos. Assim, a aplicação de fungicidas protetores de doenças em plantas pode influenciar a evolução do acúmulo de massa seca nos grãos, assegurando o pleno enchimento das espiguetas fecundadas.

A taxa e a duração do período de enchimento de grãos são dependentes da taxa e duração da produção de fotoassimilados (GELANG et al., 2000). Assim, 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 das aplicações de N e de fungicida no estágio de emborrachamento na evolução e na taxa de acúmulo de massa seca da panícula 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 Hidromórfico eutrófico arênico, com as seguintes características físico-químicas: argila= 34%; $\text{pH}_{\text{água}}(1:1) = 5,7$; $\text{P} = 9,3 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{K} = 52 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Ca} = 7,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $\text{M.O.} = 2,5 \%$. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. O experimento foi arranjado em esquema fatorial, combinando três doses de N (fator A) e práticas de manejo aplicadas no estágio de emborrachamento (fator D).

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

As doses de N (50 , 100 e 150 kg ha^{-1}) foram manejadas de modo que uma parte da quantidade total foi aplicada no início do perfilhamento. Nesta ocasião, as quantidades do fertilizante foram variadas entre os níveis do fator, aplicando-se 20 , 70 e 120 kg ha^{-1} de N em solo não-inundado. Na iniciação da panícula, estágio RO segundo escala de COUNCE et al. (2000), aplicaram-se os 30 kg ha^{-1} de N restante.

As práticas de manejo aplicadas no estágio de emborrachamento (R2) constaram da aplicação suplementar de 30 kg ha^{-1} de N, da pulverização com fungicida, da combinação das duas práticas anteriores, além de um tratamento testemunha. A aplicação de N suplementar foi realizada 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 se encontravam no final do estágio R2, realizando a pulverização da mistura formulada de propiconazol + trifloxistrobina, na dose de 93,75 + 93,75 g ha⁻¹, respectivamente. A pulverização foi realizada com equipamento costal pressurizado a CO₂, utilizando-se 200 L ha⁻¹ de calda. Os demais tratos culturais foram conduzidos conforme as recomendações técnicas para a cultura (SOSBAI, 2005).

Os estádios de desenvolvimento da cultura 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 acompanhamento do enchimento de grãos, foram coletadas 10 panículas em cada amostragem. Após secagem em estufa de ar forçado a 65°C, todas as espiguetas foram separadas das ramificações e 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 observação do acúmulo máximo de massa seca nos grãos (maturação fisiológica). A taxa de acúmulo de massa seca nos grãos foi calculada, considerando o subperíodo entre duas coletas consecutivas, através da seguinte equação: $\Delta MS = [(MS_{n+1}) - MS_n] / 5$, onde ΔMS é a taxa de acúmulo em g panícula⁻¹ dia⁻¹ para cada subperíodo, MS_{n+1} é a massa seca acumulada na última coleta do subperíodo e MS_n é a massa seca acumulada na primeira coleta do subperíodo. Para os dados da 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 e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$), sendo os dados transformados para $yt = \sqrt{y + 0,5}$.

Resultados e discussão

Para os dados de evolução de massa seca dos grãos 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 N e/ou pelas práticas de manejo conduzidas durante o estágio de emborrachamento, permitindo o ajuste do conjunto de dados em uma única função (Figura 4). Observa-se que a equação polinomial de terceiro grau foi a que melhor se ajustou ao padrão de acúmulo de massa seca nos grãos, concordando com resultados obtidos por MÉNDEZ et al. (2003) ao estudarem o comportamento do enchimento de grãos em genótipos de arroz.

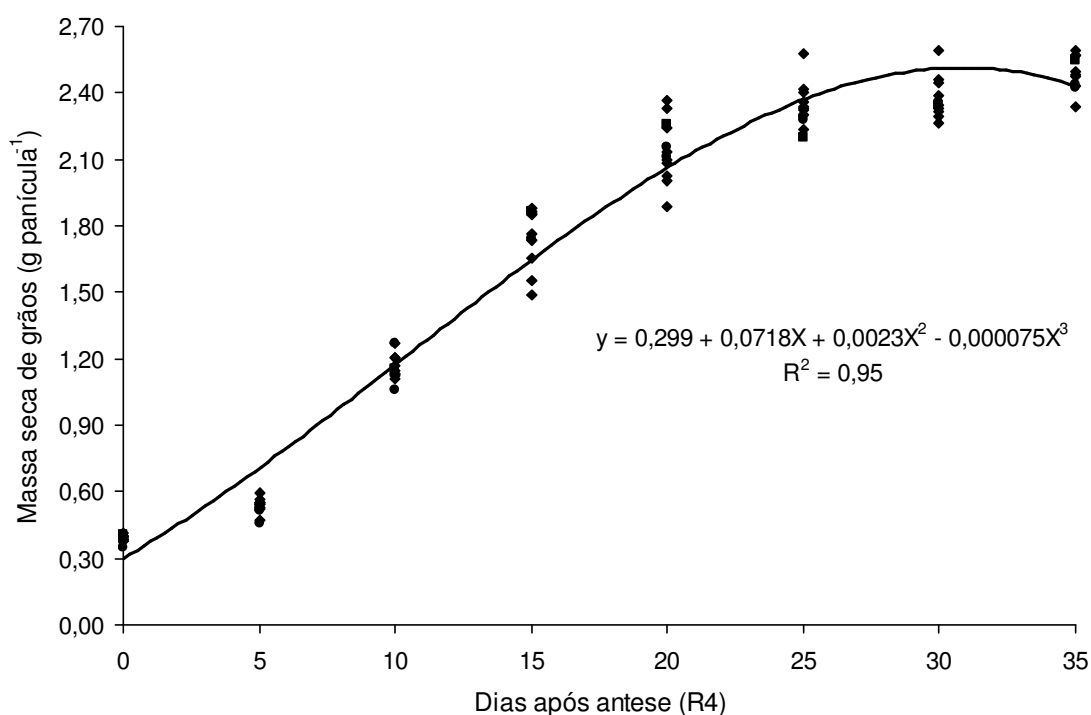


Figura 4. Evolução da massa seca dos grãos da panícula após a antese (estádio R4) na média de doses de nitrogênio e da aplicação de fungicida e nitrogênio durante o estágio de emborrachamento da cultura do arroz irrigado, cultivar IRGA 417. Santa Maria, RS. 2007.

O período de enchimento de grãos, estimado através da equação de ajuste, foi de 31 dias a partir da antese, quatro dias antes da colheita, quando a massa seca das espiguetas atingiu 2,50 g panícula⁻¹. Desta forma, a duração do período de enchimento de grãos, que tem sido considerado um aspecto determinante para o acúmulo diferenciado de massa seca dos grãos na panícula (GELANG et al., 2000;

DIMMOCK & GOODING, 2002), não foi influenciada pelos tratamentos utilizados. Apesar da senescência foliar ter sido retardada com o incremento das doses de N na avaliação realizada aos 22 dias após a antese (Capítulo II), destaca-se que este efeito diferencial, verificado no terço final do período de enchimento, não se refletiu em acúmulo de massa seca nos grãos.

Da mesma forma, as aplicações de N e fungicida no estágio de emborrachamento não alteraram a evolução e a duração do enchimento de grãos. Com isso, para as condições do presente estudo, observa-se que os componentes da produtividade (número de grãos por panícula, massa de mil grãos e esterilidade de espiguetas) relacionados com o acúmulo de massa seca nos grãos na panícula, não contribuíram para obtenção de respostas produtivas diferenciadas (Tabela 2). GELANG et al. (2000) demonstraram 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, pode-se assumir que, durante a fase de enchimento de grãos, 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.

A ocorrência de radiação solar acima da normal durante o ciclo de cultivo (Apêndice B) propiciou condições energéticas para a plena atividade fotossintética, condicionando o aproveitamento do N absorvido pela planta. Assim, a translocação do N armazenado nas folhas e nos colmos até à antese (NTANOS & KOUTROBAS, 2002) e a partição dos fotoassimilados das folhas mais velhas para as mais novas (KAMACHI et al., 1991), para suprir a atividade metabólica contribuíram para o pleno enchimento dos grãos em todos os tratamentos. 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 (Capítulo II). Desta forma, a ocorrência exclusiva de mancha parda (*Drechslera oryzae*) foi insuficiente para causar prejuízos à área foliar e à duração do enchimento de grãos. 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 N 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 5). Observa-se que durante o período de enchimento de grãos, a taxa de acúmulo de massa seca variou entre os subperíodos, indicando ser inadequada à utilização de coeficientes angulares ou taxas constantes em estudos que considerem este parâmetro para avaliação. De forma geral, a taxa de acúmulo de massa seca foi inferior no primeiro subperíodo, aumentou nos subperíodos subseqüentes e reduziu novamente no período final do enchimento de grãos, resultados que assemelham-se aos obtidos por MÉNDEZ et al. (2003).

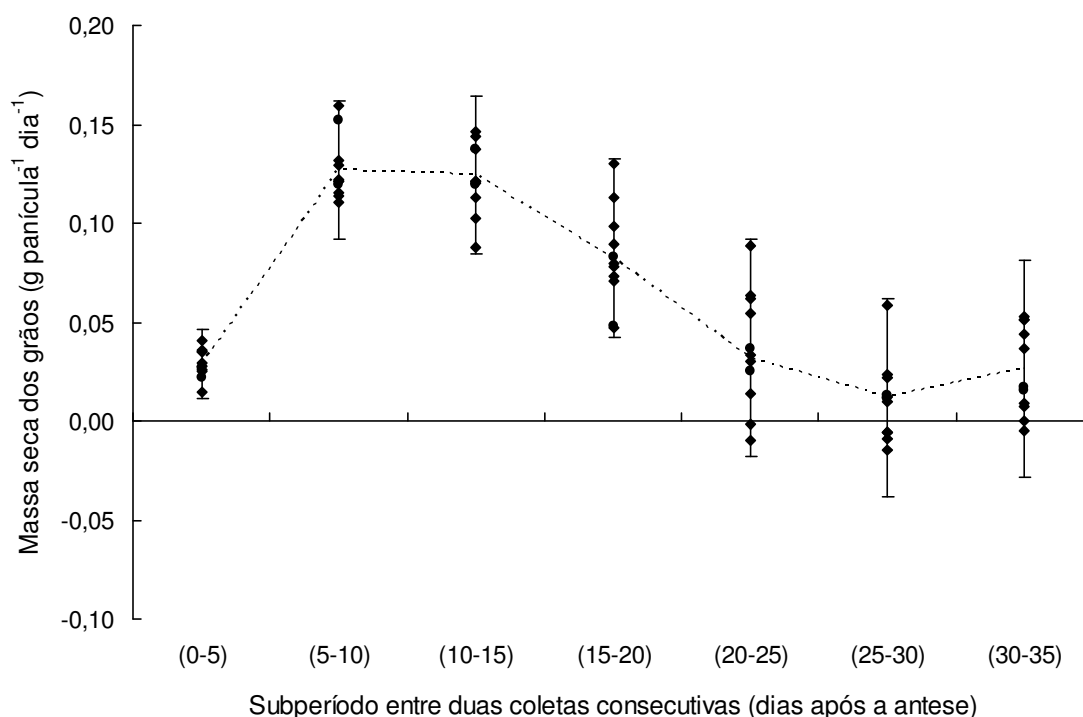


Figura 5. Taxa de acúmulo de massa seca nos grãos da panícula para o intervalo entre duas coletas em resposta a doses de nitrogênio e à aplicação de fungicida e nitrogênio no estágio de emborrachamento da cultura do arroz irrigado. Linha descontinua representa a média dos tratamentos e barras verticais a diferença mínima significativa pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Santa Maria, RS. 2007.

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 que a planta se encontrava na ocasião da avaliação. Nesse momento, as plantas encontram-se com pelo menos uma cariopse da panícula alongando até à extremidade da casca (R5), o que caracteriza o início de 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 subperíodos, 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 nestes 10 dias referentes aos dois subperíodos, aproximadamente 50% do acúmulo máximo de massa seca na panícula foi atingido. MURCHIE et al. (2002), estudando diferentes variedades de arroz, 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 nos grãos, em trabalhos realizados com outras culturas não foram observadas diferenças entre genótipos (AUDE et al., 1994), ou mesmo entre tratamentos que anteciparam a senescência da folha bandeira (GELANG et al., 2000).

Conclusão

O período de enchimento de grãos durou 31 dias após a antese, não sendo influenciado pelas aplicações de N e fungicida no estágio de emborrachamento. A intensidade de acúmulo de massa seca nos grãos também não diferiu entre os tratamentos, sendo as maiores taxas atingidas entre cinco e 15 dias após a antese.

CAPÍTULO IV

INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES E FUNGICIDA SOBRE O DESEMPENHO AGRONÔMICO DO ARROZ IRRIGADO

EFFECT OF FERTILIZER AND FUNGICIDE APPLICATION ON RICE CULTURE PERFORMANCE

Resumo

A utilização de fertilizantes foliares, aplicados no estágio de emborrachamento da cultura do arroz irrigado, pode proporcionar complementação nutricional para a planta e proteção contra patógenos com reflexos na produtividade. O objetivo do estudo foi avaliar a utilização de diferentes fertilizantes, aplicados via sementes ou no estágio de emborrachamento, sobre a manutenção da área foliar e o desempenho agronômico do arroz irrigado. O experimento foi conduzido no ano agrícola 2005/2006, em área experimental de várzea do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, RS. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por 10 fertilizantes foliares disponíveis no mercado, dois produtos aplicados via sementes compondo um tratamento, um fungicida e a uma testemunha. Não foi verificado efeito dos tratamentos aplicados para nenhum dos parâmetros avaliados. As condições climáticas favoráveis e o manejo da adubação conduzido anteriormente à aplicação dos tratamentos foliares propiciaram a obtenção de produtividade de grãos em torno de 10.000 kg ha⁻¹, indicando que não houve limitação para os níveis produtivos obtidos. Os produtos utilizados no presente estudo não aumentaram a duração da área foliar, a produtividade e a qualidade física dos grãos no arroz irrigado.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L.; fosfito de potássio; hormônios vegetais; micronutrientes; nitrogênio; senescência foliar

Abstract

The use of foliar fertilizers applied at booting stage of rice culture can improve the plant nutrition and protect the rice plants against foliar diseases increasing grain yield. The objective of this experiment was to evaluate the effect of fertilizers applied to seeds or at the booting stage on green leaf maintenance and rice performance. The experiment was carried out in 2005/06, in a lowland area in Santa Maria-RS, Brazil. The treatments, which were arranged in a randomized block design with four replications, used ten foliar fertilizers available in the market, two products applied to seeds, one fungicide, and a check without leaf fertilizers. The treatments had no effects on any of the variables studied. The suitable climatic conditions and the fertilizer management carried out before the application of the foliar treatments led to the achievement of about 10,000 kg ha⁻¹ grain yield, showing that there was no limitation on the level of yield obtained. The products used in this study did not increase the duration of leaf area, grain yield or grain quality of irrigated rice.

Keywords: *Oryza sativa* L.; potassium phosphate; plant hormones; micronutrients; nitrogen; leaf senescence

Introdução

O uso de fertilizantes foliares, como forma de suplemento à adubação disponibilizada ao solo, tem aumentado consideravelmente em diversos cultivos no Brasil, decorrente da busca do incremento produtivo e da presença no mercado de grande número de produtos disponíveis. A adoção desta ferramenta como forma de aporte de macro e micronutrientes, hormônios vegetais e outras substâncias benéficas às plantas têm sido mais utilizados nos cultivos perenes e em espécies olerícolas (MALTA et al., 2002; PEREIRA & MELLO, 2002; QUAGGIO et al., 2003), onde os resultados de pesquisa têm demonstrado a eficiência técnica da aplicação foliar de nutrientes. Na experimentação com cereais, os resultados gerados em algumas culturas demonstram grande variabilidade de respostas, fazendo-se necessário conhecer a potencialidade de utilização dos produtos disponíveis no mercado nacional.

Na produção de arroz irrigado do Rio Grande do Sul, o aperfeiçoamento técnico e tecnológico que vem sendo proposto pelos órgãos de pesquisa e adotado

pelos produtores tem propiciado incremento na produtividade nos últimos anos. Para manutenção desta condição ou mesmo superação dos patamares atuais, o manejo correto da nutrição de plantas torna-se cada vez mais indispensável e a limitação produtiva imposta pela deficiência de elementos essenciais deve ser um aspecto considerado. Neste sentido, a utilização de fertilizantes foliares, aplicados no estágio de emborrachamento da cultura, poderá proporcionar uma complementação nutricional, no momento em que a translocação de fotoassimilados para os grãos é determinante para a produtividade (NTANOS & KOUTROUBAS, 2002), atrasando a progressão da senescência foliar.

A formulação de produtos comerciais contendo a associação de vários nutrientes, a presença de nutrientes específicos ou ainda hormônios vegetais são opções existentes no mercado de fertilizantes foliares. Dentre os macronutrientes, o nitrogênio (N) é o elemento que compõe grande número de produtos formulados, sendo disponibilizado isoladamente ou em combinação com outros macro e micronutrientes. Isto se deve à importância deste elemento para o crescimento e o desenvolvimento das espécies, especialmente aquelas desprovidas de associação simbiótica com bactérias fixadoras de N, com é o caso do arroz irrigado. O envolvimento do N no processo fotossintético da planta (MAE, 1997) e sua redistribuição para os órgãos de reservas (LIN et al., 2006) caracterizam a funcionalidade metabólica deste elemento, que pode auxiliar na manutenção da área foliar fotossintetizante durante o período de enchimento de grãos.

Os fosfitos de potássio, produzidos através da neutralização do ácido fosforoso pelo hidróxido de potássio (BRACKMAN et al., 2004), fazem parte de alguns produtos comercializados contendo fósforo e potássio. A utilização foliar de fosfitos tem sido estudada em uma série de cultivos (REUVENI & REUVENI, 1998), tendo a peculiaridade de interferir na complementação nutricional e na proteção contra patógenos. Além da atuação direta dos fosfitos inibindo o crescimento dos patógenos (JACKSON et al., 2000; JÚNIOR et al., 2006), pesquisas recentes demonstram que a atividade fungitóxica em oomycetos encontra-se associada ao aumento rápido da atividade citoplasmática das células infectadas, condicionando, entre outras reações, a liberação de superóxido e o acúmulo de compostos fenólicos ao redor da célula infectada. O desenvolvimento do patógeno é severamente restringido com essa condição, inclusive com inibição da produção de esporos (DANIEL & GUEST, 2006). Desta forma, a utilização de fertilizantes foliares com

ação fungitóxica no estágio de emborrachamento, além de disponibilizar nutrientes à cultura, poderá atenuar a ocorrência de patógenos foliares durante a fase reprodutiva, que reduzem a capacidade de produção de fotoassimilados (BETHENOD et al., 2005).

Além dos macronutrientes, os demais nutrientes essenciais ou mesmo os hormônios vegetais tem sido formulados para utilização como fertilizantes foliares, podendo complementar a adubação realizada e prolongar a atividade fotossintética durante a fase reprodutiva. Dentre os micronutrientes, o zinco tem sido o mais estudado na cultura do arroz irrigado, podendo ser aplicado ao solo, ou ainda por meio de tratamento de sementes e de aplicação foliar. Nos Estados Unidos, aplicações de zinco são freqüentemente utilizadas, resultando em incremento produtivo comparadas com as áreas não-fertilizadas (SLATON et al., 2005). Também na Ásia, a utilização de zinco, juntamente com os macronutrientes, aumentou a produtividade e o retorno líquido (ALAM et al., 2006).

Desta forma, existem no mercado inúmeros fertilizantes foliares com potencialidade de utilização na cultura do arroz irrigado. Porém, estudos buscando a validação da eficiência agrônômica de um grupo representativo de produtos são escassos, fazendo-se necessário conhecer seus efeitos, especialmente quando fornecidos na fase reprodutiva da cultura. Assim, o objetivo do presente estudo foi caracterizar a utilização de diferentes fertilizantes, aplicados via sementes ou no estágio de emborrachamento, sobre a manutenção da área foliar e o desempenho agrônômico do arroz irrigado.

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 um solo classificado como Planossolo Hidromórfico eutrófico arênico, com as seguintes características físico-químicas: argila= 34%; $\text{pH}_{\text{água}}(1:1) = 5,7$; $\text{P} = 9,3 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{K} = 52 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Ca} = 7,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $\text{M.O.} = 2,5 \%$. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos pela seleção de fertilizantes foliares disponíveis no mercado (T1 a T10), além de dois produtos aplicados via sementes (T11), um fungicida (T12) e uma testemunha (T13), que se encontram listados na Tabela 3.

Tabela 3. Tratamentos aplicados na cultura do arroz irrigado, cultivar IRGA 417, com as respectivas doses, principais nutrientes da composição, quantidade aportada, modo de utilização e momento de aplicação de cada produto. Santa Maria, RS. 2007.

Trat.	Produto	Dose (L ha ⁻¹)	Principais nutrientes (% p/p)	Quantidade aplicada (g ha ⁻¹) ⁽⁵⁾	Utilização ⁽⁶⁾	Momento de aplicação ⁽⁷⁾
T1	Fertamin Extra [®]	10,0	N(10), S(3), P(1), K(1) ⁽¹⁾	N(1240), S(370), P(120), K(120)	AF	R2, 74 DAE
T2	Concorde [®]	2,0	N(9), P(2), K(1) ⁽¹⁾	N(230), P(50), K(26)	AF	R2, 74 DAE
T3	Profol N 30 [®]	5,0	N(30)	N(1960)	AF	R2, 74 DAE
T4	Phosphorus-k [®] 00.28.26	3,0	P(28), K(26)	P(1209), K(1123)	AF	R2, 74 DAE
T5	Quimifol Arrank [®]	1,5	Zn(5), S(4), Mn(3) ⁽¹⁾	Zn(95), S(76), Mn(57)	AF	R2, 74 DAE
T6	Quimifol Florada [®] + Quimióleo [®]	2,5 + 0,8	Ca(9), B(1)	Ca(304), B(34)	AF	R2, 74 DAE
T7	Blooster [®]	1,0	Cu(3), Mo(2) ⁽¹⁾	Cu(31), Mo (21)	AF	R2, 74 DAE
T8	Supa-potássio [®]	1,0	K(17), S(6)	K(221), S(78)	AF	R2, 74 DAE
T9	Stimulate [®] + Natur'l óleo [®]	0,25 + 1,0	(2)	citocinina(0,022), ac. giberélico(0,012), auxina (0,012)	AF	R2, 74 DAE
T10	Crop Full XXI [®] + Pyto Sol PK [®]	1,5 + 1,5	N (5), P(8), K(8), Ca(1), Zn(1) ⁽¹⁾ + P(30), K(20)	N (105), P(168), K(168), Ca(21), Zn(21) + P(630), K(420)	AF	R2, 74 DAE
T11	Sol Seed [®] + Zinco Sol 7 [®]	0,18 + 0,15	K(10), Mo (4), Zn(1) ⁽¹⁾ + Zn(7) ^{(3),(4)}	K(24), Mo (10), Zn(2,4) + Zn(13)	TS	S0
T12	Stratego [®]	0,75	(4)	--	AF	R2, 78 DAE
T13	Testemunha	(4)	(4)	--	--	--

⁽¹⁾ Produto possui ainda outros nutrientes na composição, porém estes se encontram em quantidade inferior a 1%, na unidade de peso por peso (p/p).

⁽²⁾ Stimulate é um produto unicamente hormonal, possuindo em sua composição citocinina (0,09 g L⁻¹), ácido giberélico (0,05 g L⁻¹) e auxina (0,05 g L⁻¹).

⁽³⁾ Fungicida (mistura comercial de propiconazol + trifloxistrobina).

⁽⁴⁾ Sem aplicação de nutriente via foliar e/ou via tratamento de semente.

⁽⁵⁾ Quantidade calculada considerando a densidade de cada produto.

⁽⁶⁾ AF: aplicação foliar; TS: tratamento de sementes.

⁽⁷⁾ R2: estágio de emborrachamento; S0: sementes não-embebidas em água; DAE: dias após a emergência.

O preparo do solo para implantação da cultura foi realizado com gradagens e posterior aplainamento superficial, sendo a semeadura realizada em 03 de novembro de 2005, utilizando-se 110 kg ha^{-1} de sementes da cultivar IRGA 417, tratada com o inseticida tiametoxam. As adubações fosfatada e potássica foram procedidas com a distribuição na linha de semeadura de 45 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 90 kg ha^{-1} de K_2O , correspondente à aplicação de 300 kg ha^{-1} da formulação 0-15-30. A emergência das plântulas ocorreu 12 dias após a semeadura, obtendo-se população média de $200 \text{ plantas m}^{-2}$. O controle das plantas daninhas foi realizado aos 15 dias após a emergência (DAE). A primeira aplicação do fertilizante nitrogenado foi feita no estágio V4 do arroz (15 DAE), segundo escala de COUNCE et al. (2000), utilizando-se 90 kg ha^{-1} de N em solo não-inundado, seguida da irrigação definitiva da área. A segunda aplicação nitrogenada de cobertura foi realizada no estágio de iniciação da panícula (RO), aplicando-se 30 kg ha^{-1} de N.

Os tratamentos foram aplicados durante o estágio de emborrachamento (R2), com exceção dos produtos Sol Seed + Zinco Sol 7 (T11) que foram aplicados como tratamento de semente. Os fertilizantes foliares foram aplicados no início do estágio R2 (74 DAE), imediatamente após a emissão completa da folha bandeira. Já, a aplicação do fungicida foi feita no final do estágio R2 (78 DAE), realizando a pulverização da mistura formulada de propiconazol + trifloxistrobina, correspondente a dose de $93,75 + 93,75 \text{ g ha}^{-1}$, respectivamente. As aplicações foliares foram realizadas com pulverizador costal de precisão pressurizado a CO_2 , utilizando-se 200 L ha^{-1} de calda. Os demais tratos culturais foram conduzidos conforme as recomendações técnicas para a cultura (SOSBAI, 2005).

Os estádios de desenvolvimento foram determinados seguindo a escala de COUNCE et al. (2000), utilizando-se três plantas marcadas com arame colorido e executando-se avaliações semanais no colmo principal. O índice SPAD foi determinado por meio de um clorofilômetro portátil, modelo SPAD 502 DL Meter (Minolta). A leitura média em cada tratamento resultou das observações de dez folhas bandeiras, realizando-se aferições nas extremidades e no centro de cada folha aos 85, 100 e 115 DAE.

Determinou-se ainda 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 realizada por meio de observações visuais, estimando-se porcentualmente a área foliar atacada aos 90 e 105 DAE. A produtividade de grãos foi estimada através da colheita manual de 6,0 m² (5,0m x 1,2m), quando os grãos apresentavam umidade média de 22%. Após a trilha, limpeza e pesagem dos grãos com casca, os dados foram corrigidos para 13% de umidade e convertidos para kg ha⁻¹. Os componentes da produtividade, número de panículas por metro quadrado, número de grãos por panícula, massa de mil grãos e esterilidade de espiguetas, foram determinados pela contagem das panículas em um metro linear previamente demarcado e pela coleta de 10 panículas por ocasião da colheita.

Os parâmetros avaliados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (P≤0,05). Os dados de senescência foliar, severidade de doenças, esterilidade de espiguetas e rendimento de engenho foram transformados para $yt = \sqrt{y + 0,5}$.

Resultados e discussão

Nas avaliações realizadas anteriormente à colheita, não foi verificado efeito dos tratamentos aplicados (Tabela 4). A porcentagem de folhas senescentes aumentou no período de enchimento de grãos, sendo que os valores médios situaram-se em 5% no estágio R6 (elongação de pelo menos uma cariopse até à extremidade da casca) e atingiram 27% em R8 (formação de grãos com casca marrom). Este é um comportamento natural durante o período de enchimento de grãos, decorrente da impossibilidade de formação de folhas novas e da necessidade de remobilização de N, que aceleram a senescência foliar e diminuem a atividade fotossintética (MAE, 1997; OOKAWA et al., 2003).

No entanto, o efeito suplementar dos tratamentos poderia ter atrasado a progressão da senescência na área foliar desenvolvida até o emborrachamento, especialmente para os produtos contendo N, condição que não foi verificada no presente estudo. Desta forma, pode-se assumir que a quantidade de N aportada pelos produtos no estágio de emborrachamento foi insuficiente para alterar a atividade fotossintética da planta durante o período de enchimento de grãos. Apesar de não ser verificado o efeito dos tratamentos, destaca-se que aproximadamente

75% das folhas presentes no estágio R8 (105 DAE) apresentavam-se na condição de não-senescentes, ou seja, com possibilidade de realização de fotossíntese. O atraso na senescência foliar tem sido apontado como uma importante característica que contribui para a diferença produtiva existente entre genótipos. Para tal, um nível mais elevado da enzima Rubisco, que se correlaciona com teor de N, tem possibilitado maior taxa fotossintética durante a fase reprodutiva (OOKAWA et al., 2003).

Tabela 4. Senescência e severidade de doenças foliares aos 90 (R6) e 105 (R8) dias após a emergência (DAE) e índice SPAD na folha bandeira aos 85 (R5), 100 (R7) e 115 (R8) DAE, em resposta à aplicação dos tratamentos na cultura do arroz irrigado, cultivar IRGA 417. Santa Maria, RS. 2007.

Tratamento ⁽¹⁾	Senescência foliar (%)		Severidade de doenças (%)		Leitura SPAD		
	R6 ⁽²⁾	R8 ⁽²⁾	R6	R8	R5 ⁽²⁾	R7 ⁽²⁾	R8
T1	5 ^{ns}	25 ^{ns}	0 ^{ns}	0,6 ^{ns}	37 ^{ns}	32 ^{ns}	25 ^{ns}
T2	5	30	0	0,5	36	33	24
T3	5	21	0	0,6	37	34	27
T4	6	28	0	0,9	36	32	24
T5	5	21	0	0,5	36	33	28
T6	5	26	0	0,4	37	34	24
T7	5	30	0	0,5	36	30	20
T8	5	28	0	0,5	37	31	23
T9	4	30	0	0,8	37	31	22
T10	5	26	0,1	0,6	37	32	20
T11	5	28	0	0,6	37	33	26
T12	6	34	0	0,8	35	31	20
T13	6	24	0	0,6	36	32	23
Média	5	27	0	0,6	36	32	24
C.V. (%)	12	13	6	14	4	7	19

⁽¹⁾ [T1] Fertamin Extra[®]; [T2] Concorde[®]; [T3] Profol N 30[®]; [T4] Phosphorus-k[®] 00.28.26; [T5] Quimifol Arrank[®]; [T6] Quimifol Florada[®] + Quimióleo[®]; [T7] Blooster[®]; [T8] Supa-potássio[®]; [T9] Stimulate[®] + Natur'óleo[®]; [T10] Crop Full XXI[®] + Pyto Sol PK[®]; [T11] Sol Seed[®] + Zinco Sol[®] 7; [T12] Stratego[®]; [T13] Testemunha. Doses e concentrações na Tabela 3.

⁽²⁾ Estádio de desenvolvimento segundo escala proposta por COUNCE et al. (2000).

^{ns} Teste F não significativo (P≤0,05).

Hormônios vegetais também afetam a progressão da senescência foliar. JORDI et al. (2000) demonstraram que a citocinina afeta a senescência foliar, suprimindo particularmente a senescência das folhas mais baixas. Para a cultivar IRGA 417, a utilização do produto Stimulate (T9), que possui citocinina na sua composição, não afetou a senescência foliar. Entretanto, OOKAWA et al. (2004)

demonstraram que a citocinina atua diretamente na síntese de Rubisco e, indiretamente, induzindo a efetiva partição de N para as folhas, podendo a produtividade ser aumentada com a aplicação deste hormônio vegetal.

A severidade de mancha parda (*Drechslera oryzae*), única doença foliar verificada na área, foi consideravelmente baixa nas duas avaliações realizadas. A ocorrência de precipitações abaixo do normal, especialmente no mês de fevereiro (Apêndice C), que coincidiu com o florescimento da cultura, dificultou o surgimento de patógenos foliares. Nesta condição, até mesmo o tratamento fúngico (T12) não propiciou efeito diferenciado para controle das doenças foliares. Assim, a observação do possível efeito protetor dos tratamentos compostos por fosfitos de potássio, tais como o Phosphorus-k (T4) e Pyto Sol PK (T10) foi impossibilitada. MANANDHAR et al. (1998) demonstraram que a severidade de brusone foi reduzida com utilização de sais de fosfito, aumentando a produtividade, apesar da menor eficiência quando comparado com o tratamento fúngico.

Não houve diferença entre os tratamentos para as leituras SPAD í nas avaliações realizadas durante o período de enchimento de grãos, mesmo para produtos contendo N, havendo decréscimo de 35 para 24 entre a avaliação em R5 (85 DAE) e R8 (115 DAE). A redução do índice SPAD relaciona-se com o aumento da senescência foliar, ocasionando o declínio da capacidade fotossintética, que é decorrente de alterações funcionais da unidade fotossintética (HIDEMA, 1991).

A produtividade de grãos e os seus componentes não foram afetados pelos tratamentos aplicados (Tabela 5). As condições climáticas e o manejo nutricional conduzido anteriormente à aplicação dos tratamentos foram suficientes para obtenção de produtividade superior a 10.000 kg ha⁻¹, indicando que não houve limitação para os níveis produtivos obtidos. A ocorrência de radiação solar acima da normal durante os meses de novembro a março (Apêndice B) propiciou condições para a plena atividade fotossintética e o aproveitamento dos nutrientes absorvidos anteriormente ao estágio de emborrachamento. Especialmente para os tratamentos com aplicação foliar de N, o eficiente aproveitamento relacionado às condições ambientais favoráveis durante o ciclo da cultura podem explicar, em parte, a falta de resposta do aporte suplementar durante o período reprodutivo.

Com relação aos tratamentos contendo micronutrientes (T5, T6, T7 e T11), resultados semelhantes foram obtidos em estudo conduzido durante três anos nas condições do Estado do Rio Grande do Sul (MARCHEZAN et al., 2001). Segundo os

autores, a aplicação foliar isolada ou combinada de todos os micronutrientes utilizados não aumentou a produtividade em nenhum dos anos de estudo. Especificamente para zinco, respostas produtivas têm sido obtidas em outras regiões do mundo, no entanto, em condições de pH superior a 6,4 (SLATON et al., 2005), onde a disponibilidade deste elemento para as plantas é consideravelmente reduzida.

Tabela 5. Produtividade de grãos, panículas por metro quadrado (PMQ), número de grãos por panícula (GP), massa de mil grãos (MMG), esterilidade de espiguetas (EE) e rendimento de engenho (RE), em resposta à aplicação dos tratamentos na cultura do arroz irrigado, cultivar IRGA 417. Santa Maria, RS. 2007.

Tratamento ⁽¹⁾	Produtividade (kg ha ⁻¹)	PMQ	GP	MMG (g)	EE (%)	RE (%)
T1	9.634 ^{ns}	521 ^{ns}	91 ^{ns}	24,8 ^{ns}	4,9 ^{ns}	62 ^{ns}
T2	10.442	504	97	24,6	3,8	63
T3	10.073	462	83	25,6	3,9	64
T4	10.019	537	89	25,1	5,2	62
T5	9.797	462	90	24,4	4,0	62
T6	10.025	529	99	23,9	4,1	63
T7	9.577	459	96	24,3	4,9	63
T8	10.313	546	101	23,8	5,3	62
T9	9.791	466	98	24,9	3,8	64
T10	9.738	496	82	25,7	4,0	63
T11	9.928	549	88	23,9	5,7	62
T12	10.597	491	98	24,8	3,8	64
T13	10.387	497	98	24,4	4,9	63
Média	10.025	501	93	24,6	4,5	63
C.V. (%)	5	12	13	4	8	2

⁽¹⁾ [T1] Fertamin Extra[®]; [T2] Concorde[®]; [T3] Profol N 30[®]; [T4] Phosphorus-k[®] 00.28.26; [T5] Quimifol Arrank[®]; [T6] Quimifol Florada[®] + Quimióleo[®]; [T7] Blooster[®]; [T8] Supa-potássio[®]; [T9] Stimulate[®] + Natur'óleo[®]; [T10] Crop Full XXI[®] + Pyto Sol PK[®]; [T11] Sol Seed[®] + Zinco Sol[®] 7; [T12] Stratego[®]; [T13] Testemunha. Doses e concentrações na Tabela 3.

^{ns} Teste F não significativo (P≤0,05).

Apesar de não verificado, o número de grãos por panícula, a massa de mil grãos e a esterilidade de espiguetas seriam os componentes da produtividade que poderiam ser influenciados, considerando o momento de aplicação da maioria dos tratamentos. A qualidade física do produto colhido, com obtenção de 63% de grãos inteiros na prova de rendimento de engenho, também não foi influenciada pelos tratamentos. A observação dos efeitos dos produtos aplicados na fase reprodutiva

depende das condições climáticas do ano de cultivo, havendo necessidade de estudos ao longo dos anos, a fim de caracterizar a utilização desta ferramenta de manejo como forma de suplementação nutricional e, conseqüentemente, de aumento da produtividade da lavoura.

Conclusão

Nas condições de realização do presente estudo, os produtos utilizados não aumentaram a duração da área foliar, a produtividade e a qualidade física dos grãos de arroz irrigado.

CAPÍTULO V

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de nitrogênio (N) nos estádios de desenvolvimento recomendados contribui para a formação dos componentes da produtividade, para o crescimento do aparato fotossintético e para o acúmulo de fotoassimilados, sendo a aplicação suplementar no estágio de emorrachamento desnecessária sob condições ambientais favoráveis ao aproveitamento deste nutriente. Nesta situação, a aplicação suplementar de 30 kg ha⁻¹ de N não ampliou a duração da área foliar e não influenciou os componentes e a produtividade da cultura do arroz irrigado. Da mesma forma, em função da baixa severidade de doenças não se observou incremento produtivo com a aplicação de fungicida. A duração e a taxa de enchimento de grãos também não foram influenciadas pelos manejos adotados no estágio de emorrachamento.

Resultados diferenciados podem ser obtidos com a aplicação de nitrogênio e fungicida no estágio de emorrachamento, caso as condições ambientais sejam desfavoráveis ao aproveitamento do nitrogênio e favoráveis a ocorrência de patógenos foliares. Ainda, cultivares com características distintas para a produção de drenos (grãos) podem responder diferentemente a manejos que visem a manutenção da atividade fotossintética durante o enchimento dos grãos.

A observação dos fatores que predispõem o aparecimento dos patógenos foliares deve ser considerada anteriormente à utilização de fungicidas para o controle químico de doenças. O uso de fertilizantes, aplicados via sementes ou no estágio de emorrachamento, não proporciona reflexos a atividade fotossintética, a produtividade e a qualidade de grãos do arroz irrigado. Além do aspecto nutricional, a possível ação fungitóxica de determinados fertilizantes foliares deve ser melhor investigada na cultura do arroz irrigado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAM, M.M. et al. Nutrient management for increased productivity of rice-wheat cropping system in Bangladesh. **Field Crops Research**, v.96, p.374-386, 2006.
- ANGHINONI, I. et al. **Fertilidade dos solos cultivados com arroz irrigado no Rio Grande do Sul**. Cachoeirinha: IRGA, 2004. 52 p.
- AUDE, M.I.S. et al. Taxa de acúmulo de matéria seca e duração do período de enchimento de grão do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.10, p.1533-1539, 1994.
- BETHENOD, O. et al. Modelling the impact of brown rust on wheat crop photosynthesis after flowering. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.131, p.41-53, 2005.
- BRACKMAN, A. et al. Fosfitos para o controle de podridões pós-colheita em maçãs 'Fuji' durante o armazenamento refrigerado. **Ciência Rural**, v.34, n.4, p.1039-1042, 2004.
- BUCHANAN-WOLLASTON, V. The molecular biology of leaf senescence. **Journal of Experimental Botany**, v.48, n.307, p.181-199, 1997.
- CARLESSO, R. et al. Índice de área foliar e altura de plantas de arroz submetidas a diferentes práticas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, p.268-272, 1998.
- CELMER, A.F.; BALARDIN, R.S. Controle químico de doenças foliares no arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3., REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Itajaí, SC. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 2003. p.329-331.
- CHANDLEE, J.M. Current molecular understanding of the genetically programmed process of leaf senescence. **Physiologia Plantarum**, v.113, p.1-8, 2001.
- COSTA, J.A.; TEIXEIRA, M.C.C.; MARCHEZAN, E. Taxa e duração do acúmulo de matéria seca nos grãos de soja e sua relação com o rendimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.9, p.1577-1582, 1991.
- 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.
- CQFS-RS/SC. Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400p.
- CROUGHAN, T.P. Application of tissue culture techniques to the development of herbicide resistant rice. **Louisiana Agriculture**, v.37, p.25-26, 1994.

DANIEL, R.; GUEST, D. Defence responses induced by potassium phosphonate in *Phytophthora palmivora* - challenged *Arabidopsis thaliana*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.67, p.194-201, 2006.

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**, v.138, p.1-16, 2002.

DINGKUNH, M. et al. Effect of late-season N fertilization on photosynthesis and yield of transplanted and direct-seeded tropical flooded rice. I. Growth dynamics. **Field Crops Research**, v.28, 223-234, 1992.

FAGERIA, N.K.; PRABHU, A.S. Controle de brusone e manejo de N em cultivo de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.2, p.123-129, 2004.

GAN, S.; AMASINO, R.M. Making sense of senescence. Molecular genetic regulation and manipulation of leaf senescence. **Plant Physiology**, v.113, p.313-319, 1997.

GELANG, J. 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**, v.110, p.366-375, 2000.

HIDEMA, J. et al. Photosynthetic characteristics of rice leaves under different irradiances from full expansion through senescence. **Plant Physiology**, v.97, p.1287-1293, 1991.

JACKSON, T.J. et al. Action of the fungicide phosphite on *Eucalyptus marginata* inoculated with *Phytophthora cinnamomi*. **Plant Pathology**, v.49, p.147-154, 2000.

JENNINGS, P.R. et al. Una estrategia de mejoramiento para incrementar el potencial de rendimiento en arroz. **Foro Arrocero Latinoamericano**, v.8, n.2, p.10-13, 2002.

JENNINGS, P.R. Plant type as a rice breeding objective. **Crop Science**, v.4, p.13-15, 1964.

JORDI, W. et al. Increased cytokinin levels in transgenic P_{SAG12}-IPT tobacco plants have large direct and indirect effects on leaf senescence, photosynthesis and N partitioning. **Plant Cell Environmental**, v.23, p.279-289, 2000.

JÚNIOR, P.M.R. et al. Fosfito de potássio na indução de resistência a *Verticillium dahliae* Kleb., em mudas de cacauero (*Theobroma cacao* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.4, p.629-636, 2006.

KAMACHI, K. et al. A role for glutamine synthetase in the remobilization of leaf nitrogen during natural senescence in rice leaves. **Plant Physiology**, v.96, p.411-417, 1991.

LIN, X. et al. Nitrogen accumulation, remobilization and partitioning in rice (*Oryza sativa* L.) under an improved irrigation practice. **Field Crops Research**, v.96, p.448-454, 2006.

MAE, T. et al. A large-grain rice cultivar, Akita 63, exhibits high yields with physiological N-use efficiency. **Field Crops Research**, v.97, p.227-237, 2006.

MAE, T. Physiological nitrogen efficiency in rice: nitrogen utilization, photosynthesis, and yield potential. **Plant and Soil**, v.196, p.201-210, 1997.

MALTA, M.R. et al. Efeito da aplicação de zinco via foliar na síntese de triptofano, aminoácidos e proteínas solúveis em mudas de cafeeiro. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.14, p.31-37, 2002.

MANANDHAR, H.K. et al. Resistance to rice blast induced by ferric chloride, di-potassium hydrogen phosphate and salicylic acid. **Crop Protection**, v.17, n.4, p.323-329, 1998.

MARCHEZAN, E. et al. Adubação foliar com micronutrientes em arroz irrigado, em área sistematizada. **Ciência Rural**, v.31, n.6, p.941-945, 2001.

MARZARI, V. et al. População de plantas, doses de N e a aplicação de fungicida na produção de arroz irrigado. I. Características agronômicas. **Ciência Rural**, v.37, n.2, 2007.

MÉNDEZ, R.; ROEL, A.; CASTERÁ, F. Características del llenado de grano para cuatro variedades de arroz en diferentes zafras y épocas de siembra. In: INTERNACIONAL TEMPERATE RICE CONFERENCE, 3., 2003, Punte del Este. **Anais...** Punte del Este: INIA, 2003. 1 CD-ROM.

MITCHELL, P.L.; SHEEHY, E. Supercharging rice photosynthesis to increase yield. **New Phytologist**, v.171, p.688-693, 2006.

MURCHIE, E.H. et al. Are there associations between grain-filling rate and photosynthesis in the flag leaves of field-grown rice? **Journal of Experimental Botany**, 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**, v.74, p.93-101, 2002.

OOKAWA, T. et al. A comparasion of the accumulation and partitioning of nitrogen in plants between two rice cultivares, Akenohoshi and Nipponbare, at the ripening stage. **Plant Production Science**, v.6, n.3, p.172-178, 2003.

OOKAWA, T. et al. Cytokinin effects on ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase and nitrogen partitioning in rice during ripening. **Crop Science**, v.44, p.2107-2115, 2004.

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

PENG, S.; KHUSH, G.S. Four decades of breeding for varietal improvement of irrigated lowland rice in the International Rice Research Institute. **Plant Production Science**, v.6, n.3, p.157-164, 2003.

PEREIRA, H.S.; MELLO, S.C. Aplicações de fertilizantes foliares na nutrição e na produção do pimentão e do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.4, p.597-600, 2002.

PINHEIRO, F.J.A.; PORTES, T.A.; STACCIARINI-SERAPHIN, E. Procurando um arroz C₄ mediante exame anatômico foliar. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, n.3, p.246-254, 2000.

POMMEL, B. et al. Carbon and nitrogen allocation and grain filling in three maize hybrids differing in leaf senescence. **European Journal of Agronomy**, v.24, p.203-211, 2006.

QUAGGIO, J.A. et al. Fertilização com boro e zinco no solo em complementação à aplicação via foliar em laranjeira Pêra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.627-634, 2003.

REUVENI, R.; REUVENI, M. Foliar-fertilizer therapy - a concept in integrated pest management. **Crop Protection**, v.17, n.2, p.111-118, 1998.

RIBEIRO, A.S.; SPERANDIO, C. A. Controle de doenças na cultura do arroz irrigado. In: PESKE, S.T.; NEDEL, J.L.; BARROS, A.C.S.A. **Produção de arroz irrigado**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1998. cap. 8, p. 301-349.

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**, v.140, p.395-407, 2003.

SANTOS, A.T.; MANJARREZ, D.A. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. **Terra**, v.17, n.3, p.247-255, 1999.

SCHREIBER, L. Polar paths of diffusion across plant cuticles: new evidence for an old hypothesis. **Annals of Botany**, v.95, p.1069-1073, 2005.

SHIRATSUCHI, H.; YAMAGISHI, T.; ISHII, R. Leaf nitrogen distribution to maximize the canopy photosynthesis in rice. **Field Crops Research**, v.95, p.291-304, 2006.

SHUKLA, A.K. et al. Calibrating the leaf color chart for nitrogen management in different genotypes of rice and wheat in a systems perspective. **Agronomy Journal**, v.96, p.1606-1621, 2004.

SLATON, N.A.; NORMAN, R.J.; JUNIOR, C.E.W. Effect of zinc source and application time on zinc and grain yield of flood-irrigated rice. **Agronomy Journal**, v.97, p.272-278, 2005.

SOSBAI. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Santa Maria, 2005. 159 p.

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

TEJADA, M.; GONZALEZ, J.L. Effects of foliar application of byproduct of the two-step olive oil mill process on rice yield. **European Journal of Agronomy**, v.21, p.31-40, 2004.

WÓJCIK, P. Uptake of mineral nutrients from foliar fertilization (Review). **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, v.12, p.201-218, 2004.

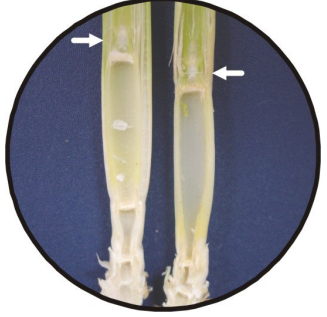
WOPEREIS-PURA, M.M. et al. Effect of late nitrogen application on rice yield, grain quality and profitability in the Senegal River Valley. **European Journal of Agronomy**, v.17, p.191-198, 2002.

YOSHIDA, S. **Fundamental of rice crop science**. Los Baños: International Rice Research Institute, 1981. 269p.

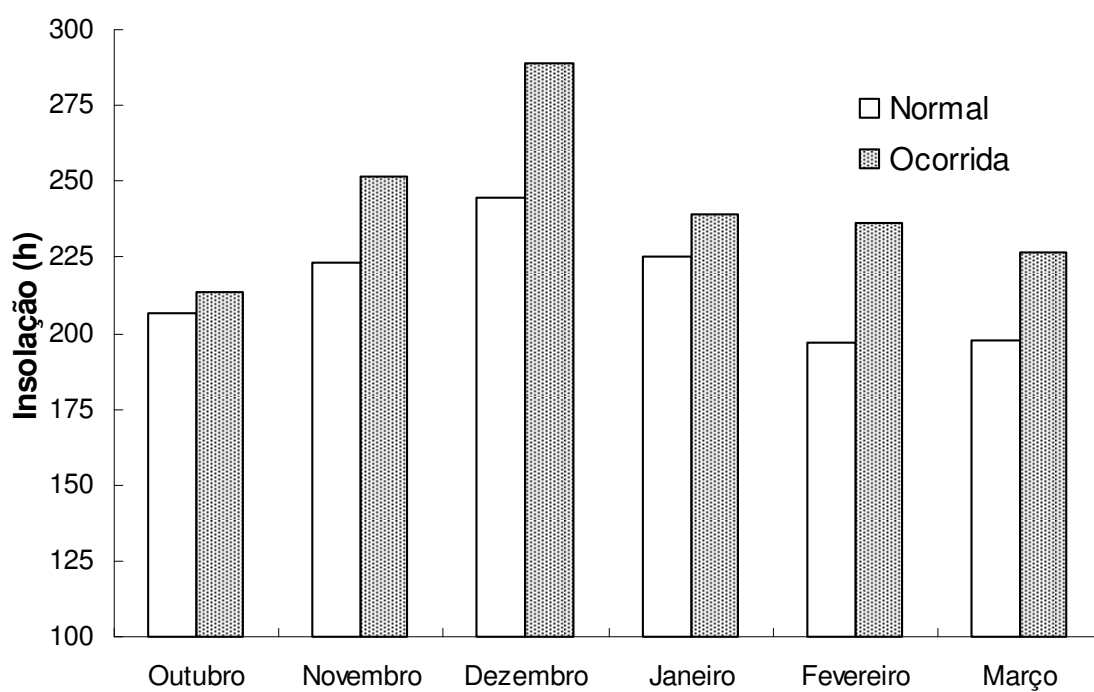
ZHONG, X. et al. Relationship between tillering and leaf area index: quantifying critical leaf area index for tillering in rice. **Journal of Agriculture Science**, v.138, p.269-279, 2002.

APÊNDICES

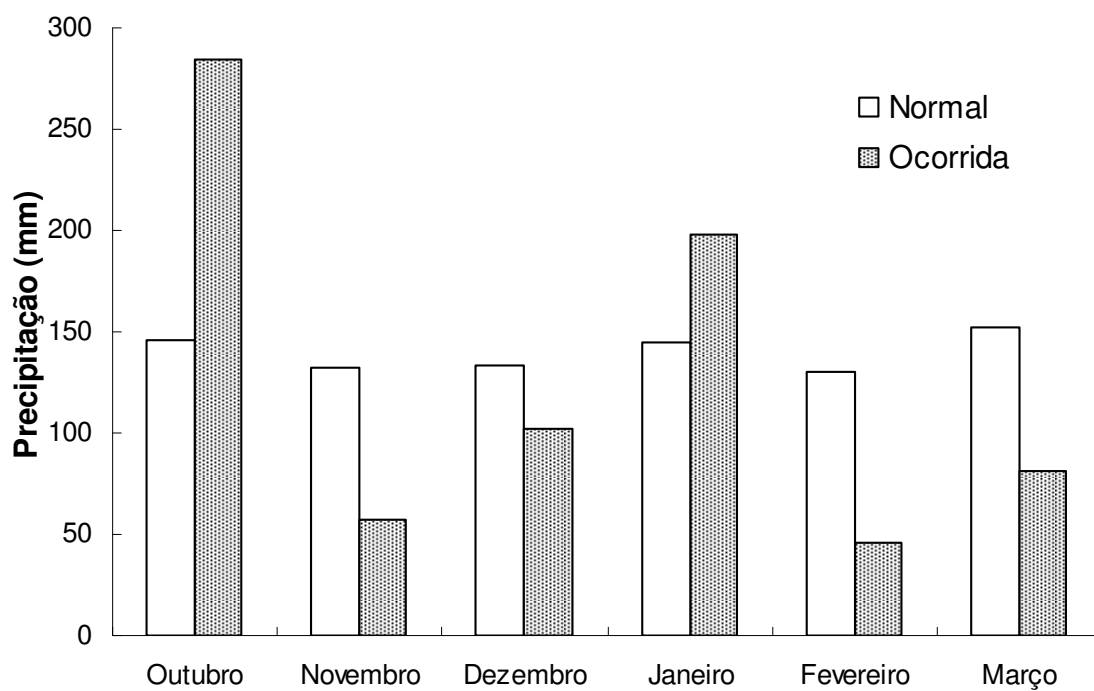
Apêndice A – Descrição dos estádios reprodutivos da cultura do arroz irrigado. Santa Maria, RS. 2007.

Ilustração			
Descrição ¹	R0 Início do desenvolvimento da panícula. Acompanha a elongação do primeiro internó.	R1 Formação das ramificações da panícula. Acompanha a elongação do segundo internó.	R2 Formação do colar da folha bandeira. Caracteriza o início do emborrachamento.
Ilustração			
Descrição	R3 Exserção da panícula. Topo da panícula encontra-se acima do colar da folha bandeira.	R4 Uma ou mais espiguetas na panícula do colmo principal atinge a antese.	R5² Pelo menos uma cariopse da panícula do colmo principal encontra-se alongando até a extremidade da casca.
Ilustração			
Descrição	R6 Pelo menos uma cariopse da panícula do colmo principal alongou-se até a extremidade da casca.	R7 Pelo menos um grão da panícula do colmo principal apresenta casca amarela.	R8³ Pelo menos um grão da panícula do colmo principal apresenta casca marrom.

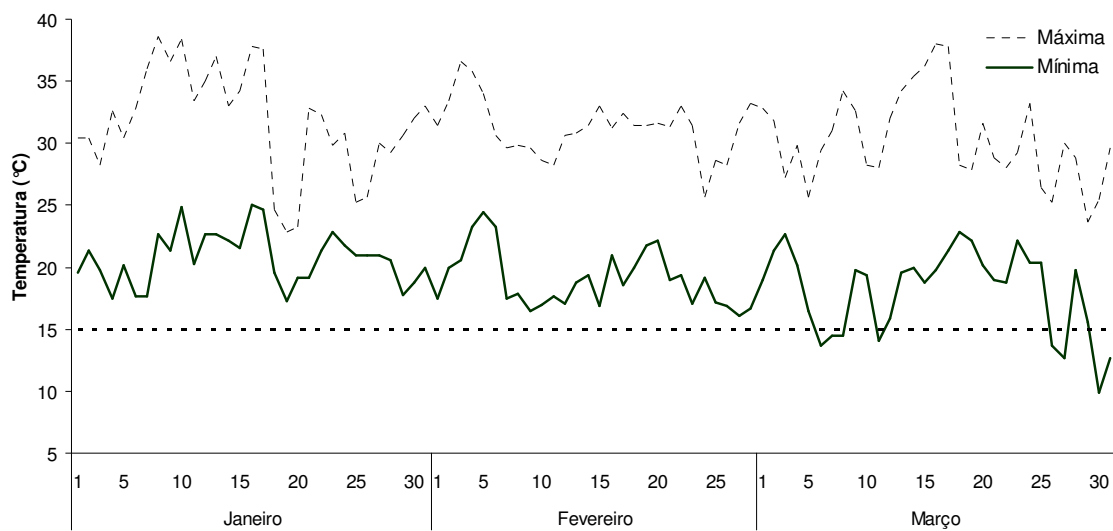
¹Fonte: Counce et al. (2000). ²Facilmente identificado pressionando-se a espiguetas do topo da panícula, que apresentará uma saliência interna na base da espiguetas. ³Após o estágio R8, encontra-se descrito ainda o estágio R9, que se refere ao momento em que todos os grãos que atingiram R6 possuem casca marrom.



Apêndice B – Insolação mensal normal e ocorrida entre outubro de 2005 a março de 2006. Santa Maria, RS. 2007.



Apêndice C – Precipitação pluvial mensal normal e ocorrida entre outubro de 2005 a março de 2006. Santa Maria, RS. 2007.



Apêndice D – Temperaturas mínimas e máximas ocorridas durante os meses de janeiro a março de 2006. Santa Maria, RS. 2007.