

UTILIZAÇÃO DE SENSOR PORTÁTIL PARA RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO NITROGENADA ASSOCIADA AO USO DE FUNGICIDAS EM ARROZ IRRIGADO

Alberto Baêta dos Santos¹, Talita Pereira Baêta Santos², Marta Cristina Corsi de Filippi³, Karina Dutra Alves⁴, Thiago Henrique Arbués Botelho⁵, Pedro Paulo de Carvalho Caldas⁶

RESUMO - O objetivo do trabalho foi determinar a influência da presença ou ausência da aplicação de fungicidas, e dos manejos de nitrogênio, com base no uso do clorofilômetro e de acordo com a recomendação local, na produtividade de grãos e nas características agrônomicas das cultivares BRS Tropical e Epagri 109 de arroz irrigado, em várzea tropical. A pesquisa foi conduzida em um Gleissolo Háptico distrófico de várzea, por dois anos consecutivos. O delineamento experimental usado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, no esquema de parcelas divididas constituídas pelas aplicações de fungicidas, as subparcelas, pelas cultivares e, as subsubparcelas, pelos manejos de nitrogênio. A adubação nitrogenada com base no uso do clorofilômetro é realizada nos momentos de maior demanda do nutriente pelas plantas e, na ausência de fungicidas, propicia aumento na produtividade de grãos e na eficiência de uso de nitrogênio. Esse manejo de nitrogênio associado com a aplicação de fungicidas promove melhoria no perfilhamento e no rendimento industrial de grãos. A necessidade da aplicação de fungicidas em arroz irrigado é maior quando a adubação nitrogenada em cobertura é efetuada tardiamente em épocas pré-determinadas de acordo com as recomendações tradicionais.

Palavras chave: componentes da produtividade, nitrogênio em cobertura, *Oryza sativa* L., produtividade de grãos.

USE OF A PORTABLE SENSOR FOR RECOMMENDATION OF NITROGEN FERTILIZATION IN ASSOCIATION WITH THE USE OF FUNGICIDES IN IRRIGATED RICE

ABSTRACT - The objective of this study was to determine the influence of fungicide application (with and without) and nitrogen management (based on portable chlorophyll meter and according to the local recommendations) on grain yield and agronomic traits of irrigated rice cultivars BRS Tropical and Epagri 109, in tropical wetland. The study was carried out in a Dystrophic Haplic Gley soil for two consecutive years. The experimental design was a randomized block in a split-split plot arrangement with four replications. Fungicide treatments were in the main plots, cultivars in the subplots and nitrogen treatments in the sub-subplots. Nitrogen fertilization based on portable chlorophyll meter is performed at times of higher nitrogen demand by plants and, in

¹ Engenheiro Agrônomo, Doutor. Embrapa Arroz e Feijão, Rodovia GO 462, km 12, 75375-000, Santo Antônio de Goiás, GO, Brasil. Fone: (62) 3533 2153. alberto.baeta@embrapa.br; (autor para correspondência)

² Engenheira de Alimentos, Mestre. Instituto Federal de Goiás (IFG), Rua Fortaleza, 75400-000, Inhumas, Goiás, Brasil. talitapbs@hotmail.com

³ Engenheira Agrônoma, Doutora. Embrapa Arroz e Feijão, Rodovia GO 462, km 12, CP 179, 75375-000, Santo Antônio de Goiás, GO. Fone: (62) 3533-2176. cristina.filippi@embrapa.br

⁴ Engenheira Agrônoma. Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia, Avenida Esperança, s/n, Campus Samambaia, CEP 74690-900, Goiânia, GO, Brasil. karina.dutra4@gmail.com

⁵ Engenheiro Agrônomo. Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia, Avenida Esperança, s/n, Campus Samambaia, CEP 74690-900, Goiânia, GO, Brasil. thiago2012arbo@hotmail.com

⁶ Engenheiro Agrônomo. Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia, Avenida Esperança, s/n, Campus Samambaia, CEP 74690-900, Goiânia, GO, Brasil. pp.agro@hotmail.com



the absence of fungicide, provides higher grain yield and as well as higher nitrogen use efficiency. This nitrogen management associated with fungicide application improved tillering and industrial grain yield. The need for fungicide application in irrigated rice is greater when nitrogen management is performed late at pre-determined timing according to traditional recommendations.

Keywords: grain yield, nitrogen topdressing, Oryza sativa L., yield components.

INTRODUÇÃO

Para a obtenção de maior eficiência dos recursos naturais e insumos, aumento da produtividade de grãos, redução do custo de produção e menores impactos ambientais negativos, é fundamental o emprego do manejo integrado da lavoura de arroz. Para isso, o manejo de doenças e a fertilização nitrogenada no arroz irrigado têm de ser realizados em épocas apropriadas. Tem-se verificado que a produtividade da cultura de arroz irrigado na região tropical é menor que a obtida na subtropical. Isso normalmente é resultante dos efeitos prejudiciais de determinados fatores bióticos e abióticos sobre a cultura. Como fatores bióticos, consideram-se as incidências extremamente elevadas de doenças, como a brusone, e de pragas, como o percevejo-das-panículas. Como fatores abióticos, os estresses térmicos podem estar afetando negativamente a produtividade do arroz, devido à elevação da temperatura da água de irrigação. Ademais, a menor produtividade em condições tropicais também pode ser atribuída à redução do ciclo da cultura e menor resposta aos fertilizantes, especialmente, o nitrogênio (N) (Santos, 2004). A disponibilidade de nutrientes no solo, como o N, pode ocasionar maior ou menor pré-disposição das plantas às doenças (Prabhu & Filippi, 2006).

A produtividade de grãos da cultura e a qualidade fisiológica e sanitária das sementes são afetadas pela incidência de doenças. Em geral, os fatores que propiciam alta severidade de doenças em arroz irrigado são manejo inadequado da água de irrigação e de fertilizantes, como o N, elevada população de plantas, homogeneidade genética da cultivar e cultivo intensivo. O dano na produtividade causado pelas doenças é variável e depende do sistema de produção, do grau de suscetibilidade da cultivar e das condições climáticas. A durabilidade das cultivares resistentes à brusone é limitada em virtude de plantios contínuos da mesma cultivar em áreas extensas (Prabhu & Santos, 2004).

Na recomendação de N para o arroz irrigado na região subtropical, utiliza-se o teor de matéria orgânica

do solo (MOS), como indicador da disponibilidade do nutriente, e com base na expectativa de resposta à adubação (Scivittaro & Gomes, 2006; Reunião..., 2016). Enquanto que na região tropical, a recomendação local da adubação nitrogenada em arroz irrigado tem sido a aplicação de parte do N no sulco, por ocasião da semeadura, e parte em cobertura. A dose varia de 90 a 120 kg ha⁻¹ de N. As épocas de aplicação recomendadas são pré-determinadas em duas coberturas, metade da dose no perfilhamento ativo, aos 45 dias após a emergência (DAE) das plântulas e a outra metade aos 65 DAE (Fageria et al., 2016).

Objetivou-se com esta pesquisa determinar a influência da presença ou ausência da aplicação de fungicidas e dos manejos de nitrogênio, com base no uso do clorofilômetro e de acordo com a recomendação local, no desempenho agrônomico das cultivares BRS Tropical e Epagri 109 de arroz irrigado em várzea tropical.

MATERIALE MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Campo Experimental do município de Formoso do Araguaia, TO, latitude 11°47'49" S, longitude 49°31'44" W, altitude 130 m, em um Gleissolo Háplico distrófico de várzea, por dois anos consecutivos. As análises químicas, composição granulométrica e classe textural das amostras de solo coletadas no início do estudo, na camada de 0 a 0,10 m de profundidade, revelaram 5,8 de pH em água (1:2,5); 4,3 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 1,2 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 20,3 mg dm⁻³ de P; 172 mg dm⁻³ de K⁺; 3mg dm⁻¹ de Cu; 5 mg dm⁻³ de Zn; 76 mg dm⁻³ de Fe; 15 mg dm⁻³ de Mn; 70 g kg⁻¹ de MO; 329 g kg⁻¹ de argila; 240 g kg⁻¹ de silte; 431 g kg⁻¹ de areia, franco-argiloso, respectivamente.

Foram determinados os efeitos da aplicação de fungicidas, sem e com, e dos manejos de N, com base no uso do clorofilômetro e de acordo com a recomendação local (Fageria et al., 2016), sobre as características agrônomicas das cultivares BRS Tropical, moderadamente resistente à brusone, e Epagri 109, suscetível à brusone.



O delineamento experimental usado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, no esquema de parcelas divididas constituídas pelas aplicações de fungicidas, as subparcelas, pelas cultivares e, as subsubparcelas, pelos manejos de N.

A aplicação de fungicidas consistiu no tratamento de sementes com carbendazin + tiram (0,3 kg por 100 kg de sementes) e duas pulverizações (i.a. ha⁻¹) foliares com tricyclazole (0,3 kg) + difenoconazol (0,3 L), com 250 L ha⁻¹ de água, aos dez dias antes da emissão das panículas e com cerca de 5% das panículas emergidas.

No manejo do fertilizante nitrogenado com base no uso do clorofilômetro, usou-se o cálculo do Índice de Suficiência de N (ISN) que foi obtido por meio da relação dos valores médios das leituras do clorofilômetro obtidas nas plantas das parcelas a serem adubadas e da área referência (REF), que recebeu 180 kg ha⁻¹ de N, correspondendo ao dobro da dose da recomendação local, que é de 90 kg ha⁻¹ de N, para assegurar a não ocorrência de deficiência de N. A determinação do teor de clorofila (unidades-SPAD - Soil Plant Analysis Development) foi realizada semanalmente, dos 22 aos 71 DAE, posicionando o instrumento Minolta SPAD-502 no terço médio da última folha desenvolvida do perfilho principal de 25 plantas de arroz. Para isso, utilizou-se o seguinte critério: se ISN foi <90%, ou seja, quando a leitura SPAD foi <90% REF, foram aplicados 30 kg ha⁻¹ de N; se ≥90% REF e <95% REF, foram aplicados 15 kg ha⁻¹ de N e se o ISN foi ≥95% REF, não foi aplicado N. Com isso, aplicaram-se 30 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia, aos 22 e 36 DAE e 15 kg ha⁻¹ de N aos 43 DAE, o que corresponderam aos estádios de desenvolvimento vegetativo V4-V5; V7-V8 e V9-V10 (formação do colar na 9ª ou 10ª folha do colmo principal), definidos de acordo com a escala de Counce et al. (2000). O manejo de N de acordo com a recomendação local compreendeu a aplicação de 45 kg ha⁻¹ de N, aos 45 e 65 DAE (Fageria et al., 2016), correspondendo aos estádios V9-V10, perfilhamento ativo, e V12-V13, na diferenciação do primórdio floral (formação do colar na 12ª ou 13ª folha - folha bandeira - do colmo principal).

Aplicaram-se 20, 120 e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, por ocasião da semeadura, a qual foi realizada no sistema em linhas em solo seco, com 80 sementes por metro, no espaçamento de 0,17 m. A inundação teve início no estádio V4-V5 e, durante

o período de irrigação, foi mantida uma lâmina de água uniforme de cerca de 12 cm. A supressão da irrigação ocorreu em uma única época: estádio R8-R9 - maturação completa dos grãos.

Por ocasião da colheita, foram realizadas amostragens de plantas, as quais foram separadas em colmos e grãos e, após secagem em estufa a 60°C, determinou-se o acúmulo de matéria seca de palha (MSPalha) e total da parte aérea (MSPA). Nessa ocasião, também foram determinados os números de perfilhos e de panículas por área, o índice de colheita de grãos (ICG), o número de grãos e de espiguetas vazias por panícula, a massa de 100 grãos, a altura de plantas, a severidade de mancha-de-grãos e de brusone nas panículas, a incidência de queima-da-bainha nos colmos e a produtividade de grãos, a qual foi expressa em kg ha⁻¹, após a umidade ser ajustada para 13%.

A eficiência de uso de N (EUN) foi obtida pela relação entre a produtividade de grãos e a quantidade de N aplicada. O ICG foi obtido pela relação entre a produção de grãos e a matéria seca total em 1 m². Para a avaliação da qualidade industrial de grãos, as amostras foram secas até 13% de umidade e armazenadas por 30 dias; logo após, amostras de 100 g de sementes foram beneficiadas, utilizando-se engenho de prova da marca Suzuki e, a seguir, determinou-se a massa de grãos inteiros e quebrados.

A severidade de brusone nas panículas foi avaliada, utilizando-se a escala de seis graus (0, 5, 25, 50, 75 e 100% de espiguetas infectadas) com base em amostra de 50 panículas. Para avaliação do índice de mancha-de-grãos, 20 panículas foram colhidas, trilhadas e retiradas duas amostras de 100 grãos, os quais foram separados em quatro categorias, de acordo com a severidade de manchas, com base na escala de Araujo & Prabhu (2002): 0, 1, 2 e 4, sendo, 0 = ausência de manchas; 1 = pontuações do tamanho da cabeça de um alfinete; 2 = manchas bem definidas com, aproximadamente, 25% de área manchada; 4 = 50% ou mais de área coberta com manchas. A severidade de mancha-de-grãos foi determinada pela

fórmula: Índice = $\frac{\sum (\text{Valor de classe} \times \text{frequência})100}{\text{número total de grãos}}$. A incidência de queima-da-bainha foi calculada em porcentagem de colmos infectados em amostras de 50 colmos por parcela. Os dados foram submetidos à análise de variância e efetuou-se análise conjunta dos dois anos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância conjunta da produtividade de grãos dos dois anos de cultivo foi significativa. Com isso, há necessidade de se fazer a discussão ano por ano. A interação entre a aplicação de fungicidas, manejo de N e ano indica que o desempenho das duas cultivares de arroz diferiu em cada experimento, o que pode ser atribuído à variabilidade do ambiente. Isso enfatiza a importância de se avaliar os efeitos dos manejos da cultura sobre a produtividade de grãos em várias colheitas.

No primeiro ano, o manejo de N influenciou apenas a eficiência de uso de N (EUN) das duas cultivares, enquanto que a aplicação de fungicidas não teve efeito independente sobre as características agrônômicas das cultivares. As maiores EUN, 63,6 kg e 57,1 kg de grãos produzidos por kg de N aplicado nas cultivares BRS Tropical e Epagri 109, respectivamente, foram obtidas com a aplicação do fertilizante nitrogenado com base no uso do clorofilômetro (Tabela 1). Maior EUN pode contribuir para o aumento da produtividade de grãos (Fageria et al., 2007).

O manejo de N com base no uso do clorofilômetro proporcionou maior percentual de perfilhos férteis na cultivar BRS Tropical em comparação com o manejo de N de acordo com a recomendação local (Tabela 2), no segundo ano. Na cultivar Epagri 109, os maiores valores de massa da matéria seca de palha foram obtidos na aplicação de N conforme a recomendação local, o que pode ser explicado pela maior altura das plantas de arroz verificada com essa adubação nitrogenada. A aplicação mais tardia de N nesse manejo em relação à baseada no uso do clorofilômetro pode ter favorecido o crescimento das plantas de arroz.

Tabela 1 - Efeitos do manejo de nitrogênio sobre a eficiência de uso de nitrogênio (EUN) nas cultivares BRS Tropical e Epagri 109, no primeiro ano

Manejo de nitrogênio ¹	EUN(kg kg ⁻¹)	
	BRS Tropical	Epagri 109
MNC	63,6 a	57,1 a
MNR	53,2 b	51,5 b
CV (%)	7,92	7,37

¹MNC: aplicação de N com base no uso do clorofilômetro; MNR: aplicação de N de acordo com a recomendação local. Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de F, a 5% de probabilidade de erro.

Foi encontrado diferenças significativas dos efeitos das pulverizações foliares na severidade de mancha-de-grãos das duas cultivares, fertilidade de espiguetas e número de grãos por panícula da cultivar BRS Tropical (Tabela 3), no segundo ano. A aplicação de fungicidas propiciou menores índices de mancha-de-grãos em comparação à ausência de fungicidas, o que resultou, na cultivar BRS Tropical, em maior porcentagem de fertilidade de espiguetas e, conseqüentemente, em maior número de grãos por panícula. Santos et al. (2009) verificaram que duas pulverizações com o fungicida tricyclazole propiciaram menor índice de mancha-de-grãos e severidade da brusone nas panículas do cultivo principal, o que resultou em maior rendimento de grãos inteiros da soca de arroz irrigado. Neste estudo, a aplicação de fungicidas ou o manejo de N não afetou a severidade de brusone nas panículas e de queimada-bainha, cujos valores médios foram de 12,4% e 7,9%, respectivamente, o que indica baixa incidência dessas doenças. Com isso, a avaliação de doenças foi restrita à severidade de mancha-de-grãos.

No primeiro ano, houve interação entre aplicação de fungicidas e manejo de N sobre o número de panículas por área e o rendimento industrial de grãos da cultivar BRS Tropical (Tabela 4). No manejo de N com base no uso do clorofilômetro, a aplicação de fungicidas propiciou maior número de panículas e rendimento industrial de grãos que no tratamento sem fungicidas, enquanto que no manejo de N de acordo com a recomendação local não diferiu. Camargo et al. (2008) relataram que a aplicação de nitrogênio nos estádios que antecedem o emborrachamento contribui para a formação do número de panículas. Fageria (2007) verificou que o número de panículas por área é o componente que apresenta maior contribuição na produtividade de grãos e Freitas et al. (2008) consideraram como o componente mais limitante para obtenção do potencial produtivo do arroz irrigado em semeadura tardia, por não responder à adubação nitrogenada em cobertura.

O valor comercial do arroz é determinado pelo rendimento industrial de grãos, que é obtido pela relação entre as quantidades de grãos inteiros e quebrados. Na presença de fungicidas, obteve-se maior rendimento industrial de grãos no manejo de N com base no uso do clorofilômetro que no aplicado conforme a recomendação local. Segundo Santos et al. (2016), atraso na época de aplicação de nitrogênio em cobertura acarreta



Tabela 2 - Efeitos do manejo de nitrogênio sobre a fertilidade de perfilhos da cultivar BRS Tropical e a massa da matéria seca de palha (MSPalha) e a altura de plantas da Epagri 109, no segundo ano

Manejo de nitrogênio ¹	BRS Tropical		Epagri 109	
	Perfilhos férteis (%)		MSPalha(g m ⁻²)	Altura de plantas(cm)
MNC	99a		677b	102b
MNR	95b		974a	110a
CV (%)	4,60		13,74	4,29

¹MNC: aplicação de N com base no uso do clorofilômetro; MNR: aplicação de N de acordo com a recomendação local. Médias seguidas da mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si, pelo teste de F, a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 3 - Efeitos da aplicação de fungicidas sobre a severidade de mancha-de-grãos (SMG), a fertilidade de espiguetas e o número de grãos por panícula da cultivar BRS Tropical de arroz irrigado e a severidade de mancha-de-grãos da Epagri 109, no segundo ano

Aplicação de fungicidas	BRS Tropical			Epagri 109	
	SMG(Índice)	Fertilidade de espiguetas(%)	Grãos (n° pan ⁻¹)	SMG(Índice)	
Com	1,12b	83,3a	125a	1,06b	
Sem	1,87a	71,8b	109b	2,07a	
CV (%)	21,30	1,96	5,23	25,06	

Médias seguidas da mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si, pelo teste de F, a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 4 - Interação entre aplicação de fungicidas e manejo de nitrogênio no número de panículas e no rendimento industrial de grãos (RIG), da cultivar BRS Tropical e na massa de grãos da cultivar Epagri 109 de arroz irrigado, no primeiro ano

Aplicação de fungicidas	BRS Tropical				Epagri 109	
	Panícula (n° m ⁻²)		RIG(%)		Massa de 100 grãos ¹ (g)	
	Manejo de nitrogênio ¹					
	MNC	MNR	MNC	MNR	MNC	MNR
Com	503aA	434aA	73,8aA	70,9aB	2,69aB	2,84aA
Sem	369bA	412aA	70,1bA	71,4aA	2,79aA	2,76aA
CV (%)	9,79	1,71	2,13			

¹MNC: aplicação de N com base no uso do clorofilômetro; MNR: aplicação de N de acordo com a recomendação local. Médias seguidas da mesma letra minúscula, na vertical, ou da mesma letra maiúscula, na horizontal, não diferem entre si, pelo teste de F, a 5% de probabilidade de erro.

redução na qualidade e na produtividade de grãos de arroz irrigado. Com isso, a aplicação de N nos momentos de maior demanda do nutriente pelas plantas propiciou maior valor comercial do arroz. Possivelmente isso se deve à obtenção de grãos mais translúcidos, os quais apresentam maior resistência à quebra no processo de polimento. Dados da literatura sugerem que o rendimento industrial de grãos é mais influenciado pelos genótipos e pelas condições ambientais, e que os efeitos da aplicação de N não são constantes (Freitas et al., 2007; Silva et al., 2013). Na cultivar Epagri 109,

efeitos significativos da interação entre aplicação de fungicidas e manejo de N foram observados apenas sobre a massa de grãos, a qual foi maior na aplicação de N realizada conforme a recomendação local que na baseada no clorofilômetro, na presença de fungicidas (Tabela 4).

No segundo ano, interações significativas entre os manejos foram verificadas na MSPA, ICG, número de grãos por panícula, fertilidade de espiguetas, massa de grãos, produtividade de grãos e EUN da cultivar Epagri 109 (Tabela 5).

Tabela 5 - Interação entre aplicação de fungicidas e manejo de nitrogênio na produtividade de grãos e em algumas características da cultivar Epagri 109, no segundo ano

Aplicação de fungicidas	Manejo de nitrogênio ¹													
	MNC	MNR	MNC	MNR	MNC	MNR	MNC	MNR	MNC	MNR	MNC	MNR	MNC	MNR
	MSPA ² (g m ⁻²)		ICG ³		Grãos (n° pan ⁻¹)		Fertilidade de espiguetas (%)		Massa de 100 grãos (g)		Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)		EUN ⁴ (kg kg ⁻¹)	
Com	1346aB	1935aA	0,51aA	0,48aA	118aA	124aA	78,8aA	82,9aA	2,62aA	2,68aA	5381aB	6392aA	56,6aA	58,1aA
Sem	1281aA	1257bA	0,46aA	0,25bB	106aA	51bB	73,8aA	38,5bB	2,71aA	2,05bB	5077aA	4099bB	53,4aA	37,3bB
CV (%)	15,69		7,00		23,22		23,62		8,95		22,45		9,80	

¹MNC: aplicação de N com base no uso do clorofilômetro; MNR: aplicação de N de acordo com a recomendação local. ²Massa da matéria seca da parte aérea. ³Índice de colheita de grãos. ⁴Eficiência de uso de nitrogênio. Médias seguidas da mesma letra minúscula, na vertical, ou da mesma letra maiúscula, na horizontal, não diferem entre si, pelo teste de F, a 5% de probabilidade de erro.

Com aplicação de fungicidas, a MSPA da cultivar Epagri 109 foi maior no manejo de N de acordo com a recomendação local. Isso se deve ao efeito desse manejo sobre a MSPalha e a altura de plantas (Tabela 2). Como nesse manejo o parcelamento de N é pré-determinado e realizado tardiamente, é possível que a sua aplicação nessa época tenha promovido maior fitomassa que nas aplicações baseadas no uso do clorofilômetro.

Avaliando o desempenho de genótipos de arroz irrigado à fertilização nitrogenada, Fageria et al. (2008) relataram associação quadrática positiva entre a MSPA e a produtividade de grãos. Na ausência de fungicidas, o ICG, o número de grãos por panícula, a fertilidade de espiguetas e a massa de grãos da cultivar Epagri 109 apresentaram maiores valores quando a aplicação de N foi efetuada com base no uso do clorofilômetro, que é realizada nos momentos de maior demanda do nutriente pelas plantas e efetuada prematuramente em relação à recomendação local. O ICG variou de 0,25 a 0,51, com valor médio de 0,42. Geralmente, a MSPA apresenta associação positiva com a produtividade de grãos e o N é importante para aumentar o ICG (Fageria, 2014).

De acordo com Fageria et al. (2007), a menor esterilidade de espiguetas verificada nas melhores respostas à adubação nitrogenada é característica importante no aumento da produtividade de grãos e difere com os genótipos de arroz irrigado. No manejo de N com base no uso do clorofilômetro, essas características agrônômicas apresentaram maiores valores na presença de fungicidas (Tabela 5). Maior ICG significa maior eficiência de translocação dos produtos da

fotossíntese para as partes economicamente importantes da planta e, conseqüentemente, incremento na produtividade de grãos. Plantas mais competitivas investem mais na produção de colmos e folhas e menos em grãos, portanto apresentam menor ICG. Correlação positiva do ICG com a produtividade de grãos de arroz irrigado foi relatada em diversos estudos (Fageria et al., 2007; Fageria et al., 2011; Fageria & Santos, 2015). Há evidências de que o ICG das culturas aumentou com a maior produtividade obtida nas últimas décadas. A seleção para maiores ICG pode ser uma forma eficiente de aumentar a produtividade de grãos. Com isso, deve-se priorizar o aumento da aquisição de nutrientes pelas plantas. A acumulação de alto nível de N é essencial para alto ICG e, conseqüentemente, alta produtividade.

Fageria et al. (2007) relataram que a esterilidade de espiguetas em arroz irrigado é uma característica dos genótipos e pode ser reduzida com o uso adequado de nitrogênio. No entanto, Méndez Larroza et al. (2009), avaliando os efeitos do manejo de N sobre a suscetibilidade da planta de arroz à temperatura baixa na fase reprodutiva, verificaram que a esterilidade de espiguetas não é afetada pela época ou pela dose de N. Neste estudo, a esterilidade de espiguetas foi superior aos valores considerados normais para a cultura, especialmente quando a aplicação de N foi de acordo com a recomendação local.

As produtividades de grãos e as EUN das duas cultivares apresentaram respostas similares aos efeitos da interação entre aplicação de fungicidas e manejo de N (Tabelas 5 e 6).

No manejo de N com base no uso do clorofilômetro, a aplicação de fungicidas não influenciou



Tabela 6 - Interação entre aplicação de fungicidas e manejo de nitrogênio na produtividade de grãos e na eficiência de uso de nitrogênio (EUN) da cultivar BRS Tropical, no segundo ano

Aplicação de fungicidas	Manejo de nitrogênio ¹			
	MNC	MNR	MNC	MNR
	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)		EUN (kg kg ⁻¹)	
Com	5255aB	6417aA	55,3aA	58,3aA
Sem	4964aA	3945bB	52,3aA	35,9bB
CV (%)	18,36		5,30	

¹MNC: aplicação de N com base no uso do clorofilômetro; MNR: aplicação de N de acordo com a recomendação local. Médias seguidas da mesma letra minúscula, na vertical, ou da mesma letra maiúscula, na horizontal, não diferem entre si, pelo teste de F, a 5% de probabilidade de erro.

significativamente as produtividades de grãos, enquanto que na aplicação de N de acordo com a recomendação local, proporcionou produtividades de grãos superiores às obtidas na ausência de fungicidas (Tabelas 5 e 6). Isso se deve aos maiores valores observados nos componentes da produtividade, em especial na fertilidade de espiguetas. Sem aplicação de fungicidas, Santos et al. (2017) observaram que a adubação nitrogenada em cobertura efetuada por ocasião do início do perfilhamento resulta em aumento de índices fisiológicos relacionados positivamente com a produtividade de grãos do arroz irrigado. A aplicação de fungicidas tem incrementado a produtividade da cultura em diversas situações de cultivo (Marzari et al., 2007a; Santos et al., 2009). Em várzeas tropicais, Santos et al. (2009) verificaram que duas pulverizações com o fungicida tricyclazole reduziram a severidade de brusone nas panículas, aumentaram a produtividade e o rendimento de grãos inteiros, o que resultou em melhoria da qualidade industrial de grãos da cultivar BRS Formoso de arroz irrigado.

As condições climáticas da região tropical favorecem a severidade de doenças. Já na região subtropical, independente da população de plantas e da dose de nitrogênio, Marzari et al. (2007a) verificaram que a aplicação de fungicidas propiciou diminuição de perda de produtividade do arroz irrigado ocasionada por doenças, mesmo com baixa incidência, e contribuiu para a menor perda de qualidade fisiológica e sanitária de sementes, pois elevou a germinação e o vigor e diminuiu a incidência de patógenos associados às sementes (Marzari et al., 2007b). Na presença de fungicidas, o manejo de N de acordo com a recomendação local proporcionou maiores produtividades de grãos que o com base no uso do clorofilômetro, sem o uso

de fungicidas, as produtividades de grãos foram maiores na aplicação de N monitorada com o uso do clorofilômetro. Isso demonstra que a necessidade da aplicação de fungicidas em arroz irrigado é maior quando a adubação nitrogenada em cobertura é efetuada tardiamente conforme as recomendações tradicionais.

A EUN das duas cultivares apresentou variação de 35,9 a 58,3 kg de grãos produzido por quilo de N aplicado e foi inferior no manejo de N de acordo com a recomendação local e na ausência de fungicidas (Tabelas 5 e 6). Também em várzea tropical, Santos & Fageria (2009) relataram redução linear na EUN com o atraso na época de aplicação de N. Em sistemas agrícolas, o uso de adubos nitrogenados tem aumentado no intuito de garantir altas produtividades. Entretanto, a falta de sincronismo entre a época de aplicação N e a época de maior demanda da planta proporciona uma baixa eficiência de recuperação do N pela cultura do arroz irrigado, situando-se entre 32% e 49% nos solos de várzea do Brasil Central, dependendo da dose de aplicação. Essa baixa eficiência ocorre, principalmente, devido às perdas por lixiviação de NO₃⁻, volatilização de NH₃, nitrificação e desnitrificação (Carvalho et al., 2012; Fageria, 2014). Variação na EUN em arroz irrigado foi relatada por Fageria et al. (2007; 2008). Houve relação linear e significativa entre a EUN e a produtividade de grãos das duas cultivares nos dois anos ($y = 876,17 + 85,635x$, $r^2 = 0,793^{**}$). Enquanto que Fageria & Santos (2015), avaliando a resposta de genótipos de arroz irrigado à fertilização nitrogenada, verificaram associação quadrática entre a EUN com a produtividade de grãos.

Os prejuízos na produtividade de grãos causados por doenças, embora significativos e elevados, apresentam variação em razão do sistema de produção,

grau de suscetibilidade da cultivar e das condições climáticas. O sucesso do manejo da cultura depende da seleção e integração de técnicas apropriadas. A combinação de resistência da cultivar, métodos químicos e práticas agronômicas permite reduzir o custo de produção e aumentar a produção em quantidade e qualidade, mediante a redução da população do patógeno em níveis toleráveis (Prabhu & Filippi, 2006).

CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada monitorada com o uso do clorofilômetro é realizada nos momentos de maior demanda do nutriente pelas plantas e, na ausência de fungicidas, aumenta a produtividade de grãos e a eficiência de uso de nitrogênio.

A adubação nitrogenada com base no uso do clorofilômetro, associada à aplicação de fungicidas, promove melhoria no perfilhamento e rendimento industrial de grãos.

A necessidade da aplicação de fungicidas em arroz irrigado é maior quando a adubação nitrogenada em cobertura é efetuada tardiamente em épocas pré-determinadas, de acordo com as recomendações tradicionais.

AGRADECIMENTO

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro e pelas bolsas de Iniciação Científica e de Produtividade em Pesquisa concedidas.

LITERATURA CITADA

ARAÚJO, L.G.; PRABHU, A.S. Indução de variabilidade na cultivar de arroz Metica-1 para resistência a *Pyricularia grisea*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1689-1695, 2002. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2002001200003>>.

CAMARGO, E.R.; MARCHESAN, E.; ROSSATO, T.L. et al. Influência da aplicação de nitrogênio e fungicida no estágio de emborrachamento sobre o desempenho agronômico do arroz irrigado. **Bragantia**, v.67, p.153-159, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000100019>>.

CARVALHO, M.A.F.; SILVEIRA, P.M.; SANTOS, A.B. **Utilização do clorofilômetro para racionalização da adubação nitrogenada nas culturas do arroz e do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 14p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 205). <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57145/1/ct205.pdf>>.

COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J.A. Uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. **Crop Science**, v.40, p.436-443, 2000. <<http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2000.402436x>>.

FAGERIA, N.K. **Nitrogen management in crop production**. New York: CRC Press, 2014. 408p.

FAGERIA, N.K. Yield physiology of rice. **Journal of Plant Nutrition**, v.30, p.843-879, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1080/15226510701374831>>.

FAGERIA, N.K.; SANTOS, A.B. Yield and yield components of lowland rice genotypes as influenced by nitrogen fertilization. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.46, p.1723-1735, 2015. <<http://dx.doi.org/10.1080/00103624.2015.1043443>>.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; LI, Y.C. The role of nutrient efficient plants in improving crop yields in the twenty-first century. **Journal of Plant Nutrition**, v.31, p.1121-1157, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1080/01904160802116068>>.

FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P.; ALCÂNTARA, F.A. de. Fertilização do solo. In: SANTOS, A.B. dos (Ed.). **Árvore do conhecimento: arroz**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fuv6gg6802wyiv80166sqf6vu5nfy.html>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

FAGERIA, N.K.; SANTOS, A.B.; COELHO, A.M. Growth, yield and yield components of lowland rice as influenced by ammonium sulfate and urea fertilization. **Journal of Plant Nutrition**, v.34, p.371-386, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1080/01904167.2011.536879>>.



- FAGERIA, N.K.; SANTOS, A.B.; CUTRIM, V.A. Dry matter and yield of lowland rice genotypes as influence by nitrogen fertilization. **Journal of Plant Nutrition**, v.31, p.788-795, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1080/01904160801928471>>.
- FAGERIA, N.K.; SANTOS, A.B.; CUTRIM, V.A. Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1029-1034, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007000700016>>.
- FREITAS, J.G.; CANTARELLA, H.; SALOMON, M. V. et al. Produtividade de cultivares de arroz irrigado resultante da aplicação de doses de nitrogênio. **Bragantia**, v.66, p.317-325, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052007000200016>>.
- FREITAS, T.F.S.; SILVA, P.R.F.; MARIOT, C.H.P. et al. Produtividade de arroz irrigado e eficiência da adubação nitrogenada influenciadas pela época da semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2397-2405, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000600018>>.
- MARZARI, V.; MARCHESAN, E.; SILVA, L.S. da et al. População de plantas, dose de nitrogênio e aplicação de fungicida na produção de arroz irrigado. I. Características agronômicas. **Ciência Rural**, v.37, p.330-336, 2007a. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000200006>>.
- MARZARI, V.; MARCHESAN, E.; SILVA, L.S. da et al. População de plantas, dose de nitrogênio e aplicação de fungicida na produção de arroz irrigado. II. Qualidade de grãos e sementes. **Ciência Rural**, v.37, p.936-941, 2007b. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000400003>>.
- MÉNDEZ LARROSA, R.; MARCHESAN, E.; SILVA, L.S. et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na suscetibilidade do arroz à temperatura baixa na fase reprodutiva. **Ciência Rural**, v.39, p.992-997, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009005000079>>.
- PRABHU, A.S.; FILIPPI, M.C. Resistência da cultivar no controle integrado da brusone. In: PRABHU, A.S.; FILIPPI, M.C. de. (Ed.). **Brusone em arroz: controle genético, progresso e perspectivas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p.321-387.
- PRABHU, A.S.; SANTOS, A.B. Doenças e seu controle. In: SANTOS, A.B. dos (Ed.). **Cultivo da soca de arroz irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. p.109-126.
- REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 31., 2016, Bento Gonçalves. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Pelotas: SOSBAI, 2016. 197p. Disponível em: <http://sosbai.com.br/docs/Boletim_RT_2016.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2017.
- SANTOS, A.B. Importância e características. In: SANTOS, A.B. (Ed.). **Cultivo da soca de arroz irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. p.15-36.
- SANTOS, A.B.; FAGERIA, N.K. Eficiência de uso de N e de área foliar em arroz irrigado influenciados pelo manejo de água e de nitrogênio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 6.; REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 28., 2009, Porto Alegre, **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2009. CD-ROM.
- SANTOS, A.B.; FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. et al. Effect of irrigation and nitrogen fertilization on the agronomic traits and yield of irrigated rice. **Revista Ceres**, v.63, p.724-731, 2016. <<http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/1721> 10.1590/0034-737X201663050018>.
- SANTOS, A.B.; STONE, L.F.; HEINEMANN, A.B. et al. Índices fisiológicos do arroz irrigado afetados pela inundação e fertilização nitrogenada. **Revista Ceres**, v.64, p.122-131, 2017. <<http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/1721> 10.1590/0034-737X201764020003>.
- SANTOS, A.B.; PRABHU, A.S.; FERREIRA, E. et al. Fertilização silicatada na severidade de brusone e na incidência de insetos-praga em arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.537-543, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662009000500005>>.

SCIVITTARO, W.B.; GOMES, A.S. **Inovações tecnológicas no manejo do nitrogênio para o arroz irrigado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 27p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 170). <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/33607/1/documento-170.pdf>>.

SILVA, L.P.; ALVES, B.M.; SILVA, L.S. et al. Adubação nitrogenada sobre rendimento industrial e composição dos grãos de arroz irrigado. **Ciência Rural**, v.43, p.1128-1133, 2013. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013005000055>>.

Recebido para publicação em 10/8/2016 e aprovado em 31/5/2017.

