

ADUBAÇÃO NITROGENADA E EFICIÊNCIA DE RESPOSTA DE CULTIVARES DE ARROZ DE TERRAS ALTAS FAVORECIDAS

Rogério Farinelli¹, Domingos Fornasieri Filho², Fábio Luiz Checchio Mingotte² e Renata Kimie Hanashiro³

¹Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos – UNIFEB, Avenida Prof. Roberto Frade Monte, 389, Bairro Aeroporto, 14783-226, Barretos, SP. E-mail: rog.farinelli@hortmail.com

²Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista (FCAV-UNESP), Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, 14884-900, Jaboticabal, SP. E-mail: fornasieri@fcaav.unesp.br, flcmingotte@gmail.com

³Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, Centro de Grãos e Fibras, Avenida Barão de Itapura, 1481, 13012-970, Campinas, SP. E-mail: rehanashiro@gmail.com

RESUMO: O nitrogênio é nutriente mais exigido pela cultura do arroz e seu manejo pode influenciar a produtividade de grãos, como também a eficiência de uso. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta de diversos cultivares de arroz de terras altas, com características distintas de planta, sob irrigação suplementar por aspersão, quando submetidas à diferentes doses de nitrogênio, utilizando o delineamento experimental de blocos ao acaso, num esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos por 13 cultivares e 5 doses de N em cobertura (0,30,60,90 e 120 kg ha⁻¹). As doses de N em cobertura que possibilitaram as maiores produtividades de grãos e a maiores produtividades econômicas foram dependentes da cultivar, sendo a dose de 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura foi insuficiente para atender as exigências da maioria das cultivares. As cultivares Caiapó, CIRAD 141, Colosso e BRSMG Curinga foram eficientes no uso do N contido exclusivamente no solo, apresentando altas produtividades de grãos. Com o incremento da adubação nitrogenada teve redução no índice de colheita, na eficiência agrônômica, na eficiência agrofisiológica e na eficiência de recuperação de N. As cultivares BRS Colosso e CIRAD 141 foram muito eficientes no uso do N aplicado, destacando-se também na eficiência agrofisiológica e na eficiência de recuperação.

PALAVRAS-CHAVES: Oriza sativa L., doses de nitrogênio em cobertura, produtividade de grãos, eficiência de uso de N.

NITROGEN FERTILIZATION AND RESPONSE OF EFFICIENCY OF SPRINKLER-IRRIGATED UPLAND RICE CULTIVARS

ABSTRACT: Nitrogen is the nutrient most required by the rice crop and its management may influence the yield, but also the use efficiency. Thus, the objective of the work was to evaluate the response of various upland rice cultivars, with distinct characteristics of the plant, under supplementary irrigation sprinkler, when subjected to different doses of nitrogen, using the experimental design of randomized blocks in a split plot with four replications, with treatments consisting of 13 cultivars and five doses of nitrogen topdressing (0,30,60,90 and 120 kg ha⁻¹). The doses of nitrogen topdressing that offer high yields and higher economical yield were dependent on the cultivar, and the dose of 120 kg ha⁻¹ of N is insufficient to meet the requirements of most cultivars. The cultivars Caiapó, CIRAD 141, BRS Colosso and BRSMG Curinga were efficient in using N contained exclusively in the soil, with high yields. With the increase of nitrogen fertilizer had reduced in harvest index, agronomic efficiency, agrophysiological efficiency and recovery efficiency of N. The cultivars BRS Colosso and

CIRAD 141 were very efficient in the use of applied N, especially also in agrophysiological efficiency and recovery efficiency.

KEY WORDS: *Oriza sativa* L., doses of nitrogen topdressing, yield, N use efficiency.

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma das principais plantas alimentícias do mundo, por contribuir com 24% do total de calorias e 18% das proteínas, sendo que sua produção está atrelada a atender a demanda futura. A cultura é explorada principalmente nos ecossistemas de arroz irrigado por inundação e arroz de terras altas (Fornasieri Filho e Fornasieri, 2006).

O sistema de cultivo de arroz de terras altas com irrigação por aspersão caracteriza-se pelo intenso uso do solo, com rotação de culturas, elevado uso de tecnologia e faz uso da irrigação de forma suplementar. Este sistema é empregado nos estados do Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Bahia, onde é comum a ocorrência de períodos de estiagem nos meses de janeiro e fevereiro (veranicos), pois ser a cultura altamente vulnerável ao déficit hídrico durante o desenvolvimento reprodutivo interferindo diretamente na produtividade da cultura (Stone et al., 1999). Para atender a possibilidade de crescimento da área cultivada neste sistema de cultivo será necessário contar com cultivares portadoras de algumas características básicas como: porte baixo/intermediário, com folhas estreitas, curtas e eretas, ciclo curto, resistência ao acamamento, elevado potencial produtivo, grãos longo-fino, bom rendimento de engenho, adequado comportamento de cocção (Fornasieri Filho e Fornasieri, 2006). Atualmente, a Embrapa Arroz e Feijão, e o Instituto Agrônomo de Campinas, entre outras, procuram desenvolver cultivares adaptadas às condições de terras altas favorecidas e/ou de irrigação suplementar por aspersão, tendo para isso lançado comercialmente, entre outras, as cultivares IAC 202, BRS Aroma (arroz arbóreo), BRS Primavera e BRS Soberana.

Faz-se ainda necessidade de estudos adicionais para o ajuste ou adaptação de práticas culturais que tornem este sistema de cultivo mais eficiente. Nesse aspecto, o nitrogênio (N), o principal fator limitante a produtividade do arroz sob condições de adequada disponibilidade hídrica (Fageria e Barbosa Filho, 2001), deve merecer atenção especial, pois a sua deficiência é comum em solos brasileiros de arroz de terras altas, o que estaria relacionado ao reduzido conteúdo de matéria orgânica, a acidez do solo, às perdas do elemento por lixiviação e volatilização, associado ao reduzido uso do nutriente por parte dos produtores, por ser de elevado custo, como também à reduzida eficiência de uso do N disponível no solo pelas cultivares de arroz (Fageria, 2001).

Independentemente da quantidade de pesquisas no país a respeito da influência de fertilizantes nitrogenados na cultura do arroz (Fageria e Barbosa Filho, 2001; Bordin et al., 2003; Guimarães e Stone, 2003; Farinelli et al., 2004; Fageria et al., 2007; Cazetta et al., 2008; Boldieri et al., 2010) a eficiência de recuperação do fertilizante nitrogenado aplicado (N planta/N aplicado) e a eficiência agronômica (produção de grãos/N aplicado) são relativamente baixos. De acordo com Fageria et al. (1995), no Brasil, a eficiência de recuperação do fertilizante nitrogenado variou em função da dose do nutriente fornecido, sendo de 58% quando se forneceu 30 kg N ha⁻¹ e de 44% para 210 kg N ha⁻¹.

A moderna produção agrícola requer práticas de manejo eficientes e ambientalmente seguras. Para isso é fundamental o uso de genótipos mais eficientes geneticamente ao aproveitamento do nitrogênio (Freitas et al., 2001). Cultivares de arroz adaptadas a solos de baixa fertilidade natural, podem apresentar similar eficiência de uso de nitrogênio às cultivares melhoradas para produção de grãos, demonstrativos de sua resposta à melhoria da fertilidade do solo (Furlani et al., 1986). A utilização de genótipos de arroz eficientes no uso do N em combinação com racional adubação nitrogenada constitui-se numa das estratégias mais promissoras para elevação da produtividade do arroz de terras altas, redução no custo de produção e no impacto ambiental.

O trabalho teve como objetivo avaliar a resposta de diversos cultivares de arroz de terras altas, com características distintas de planta, sob irrigação suplementar por aspersão, quando submetidas à diferentes doses de nitrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de primavera-verão no ano agrícola 2005/2006, em Jaboticabal (SP) situada a 21°14'05" S e 48°17'09" W, a uma altitude de 615 m. O clima é Aw (clima megatérmico/tropical úmido), com chuvas no verão e inverno relativamente seco. A cultura foi instalada em Latossolo Vermelho eutrófico, típico, textura argilosa, A moderado, caulínico oxidico, mesoférrico e relevo suave.

A área foi ocupada no período de safrinha, pela cultura do sorgo granífero, cujos resultados dos atributos químicos em amostras do solo de 0 - 20 cm de profundidade revelaram valores de pH (CaCl₂): 5,8; M.O.: 40 g dm⁻³; P (resina): 52 mg dm⁻³; K, Ca, Mg, H + Al, SB e CTC: 1,4; 40; 22; 20 63,4 e 83,4 mmol_c dm⁻³, respectivamente, e 76% de saturação por bases. O manejo de solo foi o convencional, sendo posteriormente abertos sulcos com semeadora-adubadora e conjuntamente realizada a adubação de semeadura com 300 kg ha⁻¹ da formulação 04-20-20 + 0,3% de Zn, com base na análise do solo e na recomendação de

adubação para a cultura do arroz de sequeiro e irrigado por aspersão, para o estado de São Paulo para uma produtividade esperada de 4 t ha⁻¹ (Cantarella et al., 1997). O espaçamento entre as linhas foi de 0,40 m e a densidade de semeadura de 200 sementes m⁻².

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, num esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos pela combinação de treze cultivares de arroz nas parcelas (aromático: BRS Aroma e IAC 500; comum tradicional de terras altas: Caiapó; intermediário: IAC 201, BRS Colosso, BRS Primavera, BRS Soberana, BRSMG Curinga, BRSMG Conai, BRSMT Vencedora e CIRAD 141; moderno: BEST 2000 e IAC 202), com cinco doses de N em cobertura (fonte nitrato de amônio) nas subparcelas (0, 30, 60, 90 e 120 kg de N ha⁻¹) aplicados na fase de diferenciação da panícula (“ponto algodão”), em filete contínuo ao lado das plantas (Fornasieri Filho e Fornasieri, 2006). Cada subparcela foi representada por oito linhas com 6 m de comprimento; consideraram-se como espaço útil para as avaliações as seis linhas centrais, com cinco metros de comprimento.

O sistema de irrigação foi por aspersão, através de sistema convencional, onde o manejo da irrigação foi feito utilizando as leituras de tensiômetros do tipo vacuômetro, instalados nas profundidades de 10 e 20 cm e da curva característica de retenção de água do solo, efetuando-se as irrigações quando o tensiômetro indicar valores correspondentes a -0,07 MPa . Os tratamentos fitossanitários foram realizados mediante o monitoramento da cultura utilizando produtos comerciais recomendados.

A produtividade de grãos em casca foi determinada após a trilha das plantas contidas na área útil de cada subparcela, com posterior abanação e secagem do produto, com transformação dos resultados em kg ha⁻¹ (13% base úmida).

Para o índice de colheita (%) efetuou-se a coleta da parte aérea das plantas contidas em 0,5 m de uma das linhas constituintes da área útil. Sendo assim, foi determinado o conteúdo de matéria seca dos grãos e da palha (colmos e folhas), possibilitando obter o referido índice expresso pela relação entre produção de grãos com produção de grãos e de palha.

Os índices de eficiência de uso de N das cultivares de arroz foram calculados de acordo Fageria et al. (2003). A eficiência agrônômica (EA) = (Pgf – Pgo)/Na, expressada em kg kg⁻¹, onde Pgf é a produção de grãos com fertilizante, Pgo é a produção de grãos da testemunha (sem N) e Na é a quantidade do N aplicado (kg). A eficiência agrofisiológica (EAF) = (Pgf – Pgo)/(Ntf – Nto), calculada em kg kg⁻¹, onde Ntf e Nto representam, respectivamente, as quantidades de N acumuladas nas plantas (grãos e palha) das parcelas

fertilizadas e não fertilizadas. E por último a eficiência de recuperação (ER) = $(N_{tf} - N_{to}/N_a)100$, calculada em porcentagem.

Além dessas avaliações também foi determinada a dose de N para a maximização da produtividade de grãos e dose mais econômica, de acordo com Raij (1991), considerando o valor de R\$ 30,00 a casa de 60 kg de arroz em casca e de R\$ 900,00 o valor por tonelada do fertilizante nitrogenado (nitrato de amônio-32% de N).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, empregando-se equações de regressão para os estudos das doses de N em cobertura. Utilizou-se o teste de Scott e Knott (1974) para a diferenciação de cultivares quando a sua eficiência no uso do N contido exclusivamente no solo e para a responsividade ao nutriente aplicado em cobertura, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto à produtividade de grãos, verifica-se efeito significativo na interação entre cultivares e doses de N (Tabela 1), apresentando grandes diferenças na produtividade entre as cultivares, com a adubação nitrogenada de cobertura as afetando de forma diferenciada. Na ausência da adubação nitrogenada, a cultivar Caiapó, seguida por CIRAD 141, BRS Colosso e BRSMG Curinga obtiveram as mais elevadas produtividades, ou seja, as mais eficientes do uso do N presente na solução do solo, com BEST 2000, BRSMG Conai e BRS Aroma as de menor eficiência, seguidas por BRS Soberana, IAC 201, IAC 500, IAC 202, BRSMT Vencedora e BRS Primavera (Tabela 1).

A superioridade das cultivares Caiapó, CIRAD 141, BRS Colosso e BRSMG Curinga também foi presenciada nas demais doses de N em cobertura, sendo que independente da dose aplicada, de forma geral, a cultivar Caiapó obteve maior média de produtividade de grãos (Tabela 1), com valores de 3.540 kg ha⁻¹ (ausência de N) a 4.977 kg ha⁻¹ (90 kg ha⁻¹ de N).

Tabela 1. Desdobramento de produtividade do arroz em casca (kg ha^{-1}) de diversas cultivares de arroz de terras altas dentro de cada dose de N em cobertura.

Cultivar	Doses de N em cobertura (kg ha^{-1})				
	0	30	60	90	120
BRS MG Conai	2.527 d	3.144 d	3.543 d	3.898 d	3.934 c
BRS MG Curinga	2.986 b	3.630 b	4.379 b	4.791 a	4.693 a
BRS Primavera	2.871 c	3.416 c	3.975 c	4.477 b	4.415 b
BRS Colosso	3.084 b	3.635 b	4.242 b	4.776 a	4.724 a
BRS MT Vencedora	2.810 c	3.330 c	3.814 c	4.455 b	4.416 b
CIRAD 141	3.203 b	3.947 a	4.373 b	4.925 a	4.841 a
BRS Soberana	2.688 c	3.204 d	3.707 c	4.352 b	4.345 b
Caiapó	3.540 a	4.030 a	4.850 a	4.977 a	4.935 a
IAC 500	2.776 c	3.143 d	3.702 c	4.150 c	4.012 c
BRS Aroma	2.580 d	2.893 d	3.302 d	3.665 d	3.569 d
IAC 201	2.768 c	3.347 c	3.774 c	4.526 b	4.566 b
IAC 202	2.778 c	3.491 c	4.135 b	4.896 a	4.957 a
BEST 2000	2.368 d	3.063 d	3.355 d	3.818 d	4.312 b

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Com a utilização da adubação nitrogenada verifica-se que todas as cultivares responderam positivamente a ela, com sua quase totalidade apresentando exigências superiores a 120 kg ha^{-1} do nutriente para a maximização da produtividade de grãos, com exceção para as cultivares BRSMG Curinga, CIRAD 141 e Caiapó (Tabela 2).

Os respectivos resultados quanto à produtividade de grãos reforçam os já obtidos por Boldieri et al. (2010), os quais observaram que as cultivares Caiapó e IAC 202, sob irrigação suplementar por aspersão, responderam positivamente a doses de N superiores a 120 kg ha^{-1} . Enquanto que outros trabalhos de pesquisa têm demonstrado obter resposta na produtividade de grãos de arroz de terras altas em sistema de plantio direto com doses entre 50 a 113 kg ha^{-1} de N em cobertura (Stone et al., 1999; Bordin et al., 2003; Guimarães e Stone, 2003; Farinelli et al., 2004).

Tabela 2. Equações de regressão relativas à produtividade de grãos em casca de diversas cultivares de arroz de terras altas com a aplicação de nitrogênio em cobertura e doses de N para a obtenção da máxima produtividade⁽¹⁾ e do máximo lucro⁽²⁾.

Cultivar	Equação	R ²	Dose de N (kg ha ⁻¹)	
BRS MG Conai	$y = -0,096x^2 + 23,38x + 2.523$	0,99**	> 120 ⁽¹⁾	93 ⁽²⁾
BRS MG Curinga	$y = -0,145x^2 + 32,61x + 2.920$	0,98**	112	93
BRS Primavera	$y = -0,101x^2 + 25,93x + 2.819$	0,98**	> 120	101
BRS Colosso	$y = -0,101x^2 + 26,90x + 3.025$	0,98**	> 120	105
BRS MT Vencedora	$y = -0,076x^2 + 23,61x + 2.760$	0,97**	> 120	118
CIRAD 141	$y = -0,121x^2 + 28,74x + 3.189$	0,98**	119	96
BRS Soberana	$y = -0,072x^2 + 23,50x + 2.638$	0,97**	> 120	124
Caiapó	$y = -0,139x^2 + 29,19x + 3.468$	0,96**	105	85
IAC 500	$y = -0,089x^2 + 22,25x + 2.701$	0,95**	> 120	93
BRS Aroma	$y = -0,068x^2 + 17,38x + 2.529$	0,96**	> 120	87
IAC 201	$y = -0,060x^2 + 23,09x + 2.733$	0,97**	> 120	146
IAC 202	$y = -0,094x^2 + 30,53x + 2.729$	0,98**	> 120	133
BEST 2000	$y = 15,48x + 2.454$	0,98**	-	-

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Contudo, alguns resultados, como os de Cazetta et al. (2008); Buzetti et al. (2006) e Cornélio et al. (2007) revelaram acréscimo de produtividade com elevação nas doses aplicadas acima de 125, 150 e 160 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Por outro lado, Arf et al. (1996; 2003) não constataram efeito da adubação nitrogenada em cobertura na produtividade de grãos de arroz, o que pode ser explicado em virtude de cultivares, condições edafoclimáticas, épocas de aplicação do N, entre outros fatores.

Quanto à dose mais econômica de N em cobertura, esta é também dependente da cultivar, estando em média compreendida entre 90 e 100 kg ha⁻¹ de N. Entretanto, destaca-se mais uma vez as cultivares BRSMG Curinga, CIRAD 141 e Caiapó que apresentaram para este parâmetro resultados inferiores à dose mais alta utilizada no experimento (Tabela 2). De maneira geral, os resultados referentes à dose econômica são distintos na literatura, pois dependem além da cultivar estudada, de outros fatores, como cultura antecessora, teor de matéria orgânica, manejo de solo e preços do fertilizante e do arroz, propriamente dito. Neste sentido, o trabalho efetuado por Stone et al. (1999) revelaram um valor de 87 kg ha⁻¹ de N em cobertura para uma produtividade de 5.446 kg ha⁻¹ de arroz em casca. Ao passo que Guimarães e Stone (2003) verificaram que apesar da máxima produtividade de arroz (3.441 kg ha⁻¹) ser obtida com 107 kg ha⁻¹ de N em cobertura, a dose máxima econômica foi de 68 kg ha⁻¹ de N para uma produtividade de 3.353 kg ha⁻¹, situando-se aproximadamente no meio da faixa de recomendação proposta por Fageria (1998) para o sistema de plantio direto.

Para o índice de colheita (IC) foi observada interação entre cultivares e doses de nitrogênio em cobertura (Tabela 3). O índice de colheita é um dos mais importantes critérios utilizados na seleção de cultivares com alto potencial produtivo estando relacionado na determinação da produtividade do arroz. O IC das cultivares tradicionais de arroz situa-se em aproximadamente 0,3 (30,0%) e o das modernas em 0,5 (50,0%) (Fageria et al., 2007), sendo que esse maior valor para as cultivares modernas é atribuído na eficiência de conversão de produtos sintetizados em material de importância econômica, no caso os grãos, sendo determinado tanto pelo genótipo como pelo ambiente.

Verifica-se na Tabela 3 que para a maioria das cultivares de arroz, com o incremento na adubação nitrogenada houve redução no referido índice, mantendo a Caiapó (tradicional), seguida da IAC 500 (aromático), BRSMG Curinga (intermediário) e IAC 202 (moderno) tendência de apresentar os maiores valores de I.C., e BEST 2000 (moderno), BRS Soberana (intermediário) e BRSMT Vencedora (intermediário) os mais baixos. Fageria et al. (2007) relataram variação do IC de 0,39 a 0,49 em 12 genótipos de arroz irrigado. Os valores superiores obtidos nesse trabalho em comparação aos resultados do respectivo experimento estão relacionados ao processo de melhoramento de cultivares de arroz irrigado do tipo semi-anão, onde o aumento na produção de grãos não ocorreu devido ao aumento da fitomassa total, e sim ao aumento no IC (Fornasieri Filho e Fornasieri, 2006). Dessa forma, o baixo índice de colheita observado (Tabela 3) pode ser explicado pelo elevado desenvolvimento e crescimento vegetativo das cultivares, provavelmente ocasionados por excesso de precipitação no decorrer inicial da cultura associado à temperaturas elevadas no período, com a coincidência de temperaturas relativamente altas e baixa insolação nos períodos críticos da cultura, interferindo de forma significativa na fecundação e na granação das espiguetas.

Tabela 3. Equações de regressão relativas ao índice de colheita de diversas cultivares de arroz de terras altas com a aplicação de nitrogênio em cobertura e dose de N para a obtenção do menor valor para esse componente.

Cultivar	Equação	Dose de N	R ²
BRS MG Conai	$y = -0,067x + 27,8$	-	0,99**
BRS MG Curinga	$y = -0,040x + 28,7$	-	0,96**
BRS Primavera	$y = -0,042x + 25,8$	-	0,98**
BRS Colosso	$y = -0,032x + 24,5$	-	0,98**
BRS MT Vencedora	$y = 0,0002x^2 - 0,060x + 23,1$	>120	0,98*
CIRAD 141	$y = -0,042x + 25,9$	-	0,95**
BRS Soberana	$y = -0,032x + 21,8$	-	0,97**
Caiapó	$y = 0,0004x^2 - 0,111x + 32,8$	>120	0,99**
IAC 500	$y = -0,064x + 29,5$	-	0,99**
BRS Aroma	$y = -0,004x + 26,7$	-	0,98**
IAC 201	$y = -0,053x + 26,9$	-	0,96**
IAC 202	$y = 0,0003x^2 - 0,087x + 28,4$	>120	0,98**
BEST 2000	$y = -0,022x + 18,2$	-	0,92**

* e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Os dados relativos à eficiência do uso do N aplicado em cobertura, com base nos três índices de eficiência das diversas cultivares de arroz, estão apresentados na Tabela 4. Verifica-se que, de forma geral, que ambos os índices de eficiência de uso do N são afetados negativamente pelo incremento da adubação nitrogenada, ou seja, a resposta ao nutriente segue, em geral, a lei dos rendimentos decrescentes. Aparentemente, com o uso de reduzidas doses de N seria mais desejável ao ambiente, em virtude de mais nutriente ser absorvido pela cultura, com menos sobras no solo para eventuais perdas. Mas a menor produtividade obtida sob baixas doses de N conduz a menor retorno econômico ao produtor, a produção de menor biomassa e de resíduos vegetais sobre a superfície do solo, fundamentais para proteção do solo à erosão hídrica e ao incremento de matéria orgânica.

Dessa forma, com o incremento na dose de N em cobertura, a produtividade continua a crescer (Tabelas 1 e 2) e a eficiência de uso do nutriente tende a decrescer (Tabela 4). Entretanto, a extensão do declínio na eficiência de uso do N pode ser alterada pelo emprego de adequadas práticas de manejo, pelo solo e por condições climáticas (Roberts, 2007). Nesse sentido, pelos dados obtidos permitem verificar que as cultivares de arroz apresentam eficiência de uso do N distintos (Tabela 4).

Tabela 4. Eficiência agrônômica (EA), agrofisiológica (EAF) e de recuperação (ER) de diversas cultivares de arroz de terras altas com a aplicação de nitrogênio em cobertura.

Cultivar	EA (kg kg ⁻¹)			EAF (kg kg ⁻¹)				ER (%)				
	Doses de N em cobertura (kg.ha ⁻¹)											
	30	60	90	120	30	60	90	120	30	60	90	120
BRS MG Conai	20,6	16,9	15,2	11,7	17,8	14,5	12,8	9,3	42,0	34,0	32,0	33,0
BRS MG Curinga	23,1	23,6	20,6	14,6	15,0	13,3	12,4	10,8	40,0	35,0	31,0	27,0
BRS Primavera	18,2	18,4	17,8	12,9	10,5	10,8	11,1	9,7	24,0	28,0	28,0	25,0
BRS Colosso	20,1	20,1	19,4	13,7	14,3	12,3	12,2	10,2	35,0	30,0	29,0	25,0
BRS MT Vencedora	17,3	17,6	18,8	13,4	9,0	8,6	12,8	7,5	32,0	26,0	35,0	23,0
CIRAD 141	28,9	21,6	20,5	14,7	18,1	12,8	12,5	8,2	53,0	40,0	36,0	25,0
BRS Soberana	17,2	17,0	18,8	13,8	15,7	11,1	11,2	9,2	38,0	26,0	26,0	23,0
Caiapó	15,5	21,9	15,7	11,4	8,4	11,0	9,6	8,1	34,0	31,0	29,0	31,0
IAC 500	12,2	15,4	15,3	10,3	11,7	11,1	10,5	8,0	33,0	27,0	27,0	23,0
BRS Aroma	10,5	12,1	12,1	8,3	13,2	13,2	12,1	10,1	40,0	35,0	32,0	30,0
IAC 201	17,7	17,6	20,7	15,4	13,4	13,1	12,5	10,5	40,0	36,0	33,0	39,0
IAC 202	23,9	22,6	23,6	17,6	14,1	14,2	13,8	12,2	32,0	31,0	31,0	31,0
BEST 2000	23,2	16,5	17,8	16,2	13,2	11,6	11,6	9,5	32,0	28,0	28,0	30,0

Nota-se que entre as cultivares não eficientes no uso do N advindo exclusivamente do solo (Tabela 1), com exceção a BRSMG Conai, apresentaram reduzida eficiência agrônômica (EA). Enquanto que BRS Colosso e CIRAD 141 são muito eficientes no uso do N aplicado, destacando-se também na eficiência agrofisiológica (EAF) e na eficiência de recuperação (ER) (Tabela 4). Vale ressaltar que essas duas cultivares sobressaíram-se quanto a produtividade de grãos. Já as altas produtividades médias obtidas pela cultivar Caiapó em todas as doses de nitrogênio em cobertura, não refletiram em ganhos de eficiência de uso de N, o que corrobora com os resultados obtidos por Boldieri et al. (2010), onde esta mesma cultivar não respondeu ao fornecimento de N em cobertura.

Contudo, os resultados obtidos em relação à EA podem ser considerados adequados, pois de acordo com Yoshida (1981) a EA nas regiões tropicais, geralmente situam-se na faixa de 15 a 25 kg de arroz produzidos por quilograma de N aplicado. Em relação a ER, nas doses inferiores de nitrogênio foram obtidos os valores mais significativos (Tabela 4), tendo uma média de 36,5% (30 kg ha⁻¹ de N) e 31,3% (60 kg ha⁻¹ de N). De acordo com Fageria et al. (1995), no Brasil, a eficiência de recuperação do fertilizante nitrogenado variou em função da dose do nutriente fornecido, sendo de 58% quando se forneceu 30 kg N ha⁻¹ e de 44% para 210 kg N ha⁻¹.

Sendo assim, cultivares mais eficientes sob condições de reduzido uso de fertilizante nitrogenado em cobertura são mais indicados para produtores com restrições de recursos financeiros; por outro lado, para produtores que buscam elevadas produtividades poder-se-à

recomendar o uso de cultivares pouco eficientes ou eficientes, porém responsáveis à fertilização nitrogenada.

CONCLUSÕES

As doses de N em cobertura que possibilitaram as maiores produtividades de grãos e a maiores produtividades econômicas foram dependentes da cultivar, sendo a dose de 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura foi insuficiente para atender as exigências da maioria das cultivares.

As cultivares Caiapó, CIRAD 141, Colosso e BRSMG Curinga foram eficientes no uso do N contido exclusivamente no solo, apresentando altas produtividades de grãos.

Com o incremento da adubação nitrogenada teve redução no índice de colheita, na eficiência agrônômica, na eficiência agrofisiológica e na eficiência de recuperação de N.

As cultivares BRS Colosso e CIRAD 141 foram muito eficientes no uso do N aplicado, destacando-se também na eficiência agrofisiológica e na eficiência de recuperação.

REFERÊNCIAS

ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; CRUSCIOL, C.A.C.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S. Soil management and nitrogen fertilization for sprinkler-irrigated upland rice cultivars. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.2, p.345-352, 2003.

ARF, O.; SÁ, M.E.; RODRIGUES, R.A.F.; BUZETTI, S.; STRADIOTO, M.F.; PASTANA, A.R.M.P. Comportamento de cultivares de arroz para condição de sequeiro irrigado por aspersão diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura. **Científica**, São Paulo, v.24, n.1, p. 85-97, 1996.

BOLDIERI, F.M.; CAZETTA, D.A.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada em cultivares de arroz de terras altas. **Revista Ceres**, Viçosa, v.57, n.3, p.421-428, 2010.

BORDIN, L.; FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D. Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.3, p.417-428, 2003.

BUZETTI, S.; BAZANINI, G.C.; FREITAS, J.G.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M.E.; MEIRA, F.A. Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de cloromequat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.14, p.1731-1737, 2006.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B.VAN.; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B. VAN.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds.). **Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo**, 2. ed. rev. Campinas: IAC, 1997. p.43-73 (Boletim Técnico, 100).

CAZETTA, D.A.; ARF, O.; BUZETTI, S.; SÁ, M.E.; RODRIGUES, R.A.F. Desempenho do arroz de terras altas com a aplicação de doses de nitrogênio e em sucessão às culturas de cobertura do solo em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.471-479, 2008.

CORNÉLIO, V.M.O.; REIS, M.S.; SOARES, A.A.; SOARES, P.C.; OLIVEIRA, J.A. Efeito de doses e épocas de aplicação de nitrogênio na incidência de doenças, produção e qualidade sanitária das sementes de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.1, p.47-52, 2007.

FAGERIA, N.K. Manejo da calagem e da adubação do arroz. In: BRESEGHELLO, F.; STONE, L.F. (Eds.). **Tecnologia para o arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998. p.67-78.

FAGERIA, N.K. Nutrient management for improving upland rice productivity and sustainability. **Communication Soil Science Plant Analysis**, New York, v.32, n.15/16, p.2603-2629, 2001.

FAGERIA, N.; BARBOSA FILHO, M.P. Nitrogen use efficiency in lowland rice genotypes. **Communication Soil Science Plant Analysis**, New York, v.32, n.13/14, p.2079-2089, 2001.

FAGERIA, N.K.; SANT`ANA, E.P.; MORAIS, O.P. Resposta de genótipos de arroz de sequeiro favorecido à fertilidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.9, p. 1155-1161, 1995.

FAGERIA, N.K.; SLATON, N.A.; BALIGAR, V.C. Nutrient management for improving lowland rice productivity and sustainability. **Advances in Agronomy**, New York, v.80, n.2, p.63-152, 2003.

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**, Brasília, v.42, n.7, p.1029-1034, 2007.

FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D.; BORDIN, L. Características agronômicas de arroz de terras altas sob plantio direto e adubação nitrogenada e potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.3, p.447-454, 2004.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal, FUNEP. 2006, 589p.

FREITAS, J.G.; AZZINI, L.E.; CANTARELLA, H.; BASTOS, C.R.; CASTRO, L.H.S.M.; GALLO, P.B.; FELÍCIO, J.C. Resposta de cultivares de arroz irrigado ao nitrogênio. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.3, p.573-579, 2001.

FURLANI, A.M.C.; BATAGGLIA, O.C.; AZZINI, L.E. Comportamento diferencial de linhagens de arroz na absorção e utilização de nitrogênio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.10, n.3, p.51-59, 1986.

GUIMARÃES, C.M.; STONE, L. Adubação nitrogenada de arroz de terras altas no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.210-214, 2003.

RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. p.303-321.

ROBERTS, T.L. Right product, right rate, right time, and right place...the foundation of BMPs for fertilizer. **Better Crops**, Norcross, v.91, n.4, p.14-15, 2007.

SCOTT, A.; KNOTT, M. Acluster-analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Raleigh, v.30, n.3, p.507-512, 1974.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M.; MOREIRA, J.A.A.; YOKOYAMA, L.P. Adubação nitrogenada em arroz sob irrigação suplementar por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.6, p.927-932, 1999.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: IRRI, 1981. p.65-110.

Recebido para publicação em: 08/02/2013

Aceito para publicação em: 30/05/2013