



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbcs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Brasil

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, vol. 28, núm. 3, mayo-junio, 2004, pp. 447-454

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214032006>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE ARROZ DE TERRAS ALTAS SOB PLANTIO DIRETO E ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA⁽¹⁾

**R. FARINELLI⁽²⁾, F. G. PENARIOL⁽²⁾,
D. FORNASIERI FILHO⁽³⁾ & L. BORDIN⁽⁴⁾**

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura de arroz de terras altas, utilizando um delineamento estatístico inteiramente casualizado, com 15 tratamentos, em esquema fatorial 5 x 3, representados por cinco doses de nitrogênio (0, 25, 50, 75, 100 kg ha⁻¹) e três doses de potássio (0, 25, 50 kg ha⁻¹), com três repetições. Os resultados mostraram que diversas características produtivas foram influenciadas positivamente pela adubação nitrogenada e potássica. A melhor combinação de doses estaria em torno de 65 kg ha⁻¹ de N e 20 kg ha⁻¹ de K₂O, resultando em maiores valores de produtividade e proteína bruta por hectare.

Termos de indexação: *Oryza sativa* L., adubação do arroz, componentes da produção, arroz de terras altas.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em janeiro de 2003 e aprovado em março de 2004.

⁽²⁾ Pós-Graduação do Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias – FCA/UNESP. Caixa Postal 237, CEP 18603-970 Botucatu (SP). E-mail: rfarinelli@fca.unesp.br, fpenariol@fca.unesp.br

⁽³⁾ Professor do Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/UNESP. CEP 14870-000, Jaboticabal (SP). E-mail: fitotecnia@fcav.unesp.br

⁽⁴⁾ Engenheiro-Agrônomo do Departamento de Controle de Qualidade – Sementes Monsoy-Monsanto. CEP 75650-000 Morrinhos (GO). E-mail: lucianobordin@monsanto.com

SUMMARY: *EFFECTS OF NITROGEN AND POTASSIUM FERTILIZATION ON AGRONOMIC CHARACTERISTICS OF UPLAND RICE CULTIVATED UNDER NO-TILLAGE*

A field trial was carried out to evaluate the effects of nitrogen and potassium top dressing on upland rice. The treatments consisted of a 5 x 3 factorial design (five nitrogen doses - 0, 25, 50, 75, and 100 kg ha⁻¹ and three potassium doses - 0, 25 and 50 kg ha⁻¹), arranged in a complete randomized design, with three replicates. The results showed that several yield characteristics were positively influenced by nitrogen and potassium fertilization. The best combination of both fertilizers for obtaining the highest protein and grain production is around 65 kg ha⁻¹ of N and 20 kg ha⁻¹ of K₂O.

Index terms: Oryza sativa L., rice fertilizer, yield components, upland rice.

INTRODUÇÃO

Dentre as culturas agrícolas, o arroz parece ser o menos adaptado ao sistema plantio direto, podendo tal fato ser atribuído à ocorrência de informações mais precisas (Kluthcouski et al., 2000). Além do correto manejo físico do solo, a adubação mais adequada pode vir a favorecer a cultura, promovendo resultados satisfatórios em termos de produtividade.

Neste sentido, a adubação nitrogenada promove aumento no número de espiguetas, massa de grãos (Fornasieri Filho & Fornasieri, 1993) e, segundo Husain & Sharma (1991), altas doses de nitrogênio, na cultura do arroz, incrementam o número de panículas m⁻², número de grãos panícula⁻¹, afetando também a altura de plantas, causando acamamento (Campelo Junior, 1985; Arf, 1993). Resultados de pesquisa demonstraram ser possível obter resposta na produtividade com doses entre 40 e 180 kg ha⁻¹ de N (Bacha & Lopes, 1983; Patel et al., 1986; Lopes et al., 1996; Stone & Silva, 1998; Bordin et al., 2003).

O manejo da adubação nitrogenada também influi na intensidade dos efeitos da deficiência hídrica na cultura do arroz. A aplicação de doses relativamente altas de nitrogênio na semeadura proporciona aumento no seu crescimento vegetativo e no índice de área foliar, ocasionando aumento no consumo de água (Fagade & De Datta, 1971), o que pode acentuar os efeitos da deficiência na fase reprodutiva da cultura (Stone & Silva, 1998).

A resposta da cultura do arroz à aplicação de potássio não é tão marcante quanto à obtida com aplicação de nitrogênio e fósforo (Fageria et al., 1990; Fageria & Barbosa Filho, 1990; Fageria, 2000). Entretanto, de acordo com Crusciol et al. (1999), o K é um dos elementos mais exigidos pela cultura do arroz de sequeiro, sendo superado apenas pelo N. Comparado a outros nutrientes, o potássio é extraído em maior quantidade pelos cultivares modernos de

arroz irrigado. Nesta condição, devem ser utilizadas adubações mais equilibradas para repor o nutriente extraído do solo e obter altas produtividades (Fageria, 1999).

O potássio tem pouco efeito no perfilhamento, a não ser em condições de extrema carência desse nutriente. Em relação à massa de grãos, o elemento produz grande efeito, juntamente no número de grãos cheios panícula⁻¹, número de panículas m⁻² e produtividade de grãos (Zaratin et al., 1999), talvez por facilitar o transporte de carboidratos, sendo necessário seu suprimento contínuo até o crescimento da panícula, quando se finaliza a fase reprodutiva da cultura (Barbosa Filho, 1987). Além disso, o K aumenta a resistência das plantas às doenças, favorecendo a formação dos grãos, tornando-os mais pesados, com panículas mais cheias e perfeitas (Malavolta et al., 1997). Silva et al. (2002) obtiveram produtividade de 5.257 kg ha⁻¹ em arroz de terras altas com a aplicação de 50 kg ha⁻¹ de K₂O na semeadura.

As funções desempenhadas individualmente pelo potássio e pelo nitrogênio no desenvolvimento de plantas são conhecidas (Büll, 1993). Todavia, como a interação desses dois nutrientes influiu significativamente nos processos de absorção, transporte, redistribuição e metabolismo, com reflexos altamente positivos no desenvolvimento da planta, ela merece uma atenção por parte da pesquisa.

A interação N e K obedece à Lei do Mínimo, pois, quando o nitrogênio é aplicado em quantidade suficiente para haver elevação da produção, essa passa a ser limitada pelos baixos teores de potássio aplicados ao solo (Dibb & Thompson, 1985). Esse processo de interação tem sido estudado, principalmente nos Estados Unidos, no que diz respeito não só à produção de grãos, mas também a outros parâmetros, como a qualidade do produto

colhido, eficiência na utilização de nutrientes, resistência a doenças, resistência ao acamamento, dentre outros (Büll, 1993).

Dessa maneira, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adubação nitrogenada e potássica em cobertura nas características agronômicas na cultura de arroz de terras altas, sob sistema plantio direto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área experimental da Fazenda de Ensino e Pesquisa da FCAV/UNESP, campus de Jaboticabal (SP), em Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 1999). O clima da região é do tipo Cwa, com média de precipitação anual de 1.400 mm, sendo mais elevada no mês de dezembro (André & Volpe, 1982).

O solo da área foi cultivado anteriormente com a cultura de feijão “de inverno”, e, após a colheita, coletaram-se amostras de solo para análise química, na camada de 0-20 cm, sendo obtidos os seguintes resultados: pH (CaCl_2) = 5,3; M.O (g dm^{-3}) = 19; P resina (mg dm^{-3}) = 50; K^+ ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 3,9; Ca^{2+} ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 32; Mg^{2+} ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 11; H + Al ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 34; SB ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 46,9; CTC ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 80,9 e V (%) = 58.

Quinze dias antes da semeadura, foi efetuada a aplicação de herbicida de manejo, utilizando glyphosate na dosagem de 2,4 kg i.a ha^{-1} e 2,4 D amina na dosagem de 806 g i.a ha^{-1} , com um volume de calda de 300 L ha^{-1} . A semeadura do arroz foi realizada no dia 21 de novembro de 2000, sob sistema plantio direto, em parcelas experimentais de 5 m de comprimento por 2,25 m de largura, com cinco linhas espaçadas de 0,45 m, e consideradas, como área útil, as três linhas centrais de cada parcela. Colocaram-se 100 sementes viáveis por metro quadrado, do cultivar IAC-202. A adubação de semeadura foi realizada, segundo Cantarella & Furlani (1997), para uma produtividade estimada de 3,0 t ha^{-1} , utilizando-se 250 kg ha^{-1} da fórmula comercial 04-25-15 + micronutrientes.

Os tratamentos constituíram-se de doses de nitrogênio e potássio, aplicados em cobertura por ocasião da fase reprodutiva (“ponto algodão”). O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado, estabelecendo-se 15 tratamentos em esquema fatorial 5x3, representados por cinco doses de nitrogênio (0, 25, 50, 75, 100 kg ha^{-1}) e três doses de potássio (0, 25, 50 kg ha^{-1}), com três repetições. As fontes de nitrogênio e potássio utilizadas foram a uréia e cloreto de potássio, respectivamente. Logo após a adubação, foi aplicada uma lâmina de água de 15 mm por aspersão, com a finalidade de incorporar os fertilizantes.

Quanto às exigências de água pela cultura, utilizou-se a irrigação complementar por aspersão convencional, de acordo com a fase e necessidade hídrica da cultura.

Antes da operação de colheita, foram coletadas, na área útil de cada parcela, todas as panículas em 1,0 m de linha e levadas ao laboratório para a determinação dos seguintes componentes de produção: número de panículas por metro quadrado; número de espiguetas cheias por panícula; percentagem de espiguetas estéreis; massa de 1.000 grãos: determinada por meio da coleta ao acaso e pesagem de duas amostras de 1.000 grãos de cada parcela (13 % em b.u).

A colheita foi realizada manualmente aos 135 dias da semeadura, quando os grãos da panícula apresentavam-se duros, e, a seguir, procedeu-se à trilha mecânica. Determinou-se a massa dos grãos colhidos e calculou-se a produção de grãos em kg ha^{-1} (13 % b.u). Posteriormente, coletou-se uma amostra de 100 g de grãos de arroz em casca de cada parcela, que foi conduzida ao engenho de prova (Suzuki), modelo MT, para determinação do rendimento de grãos sem casca. A seguir, os grãos foram colocados no engenho de prova por 1 min para brunir, obtendo-se o rendimento de benefício. Os grãos brunidos (polidos) foram colocados no “trieur” nº 2 onde foi processada a separação dos grãos, por 30 seg, obtendo-se o rendimento de grãos inteiros.

O teor de proteína bruta nos grãos foi determinado pela moagem dos grãos brunidos e pela quantificação do teor de nitrogênio, multiplicando o valor obtido pelo fator 6,25 (Sarruge & Hagg, 1974). Multiplicando, posteriormente, o valor do teor de proteína pelo valor de produtividade da parcela correspondente, obteve-se a produção de proteína bruta.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 %. Os resultados obtidos nas interações significativas entre N e K_2O para produção de proteína bruta e produtividade de grãos foram ajustados por meio de equações de regressão de acordo com as doses aplicadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os resultados apresentados no quadro 1, verifica-se que não houve diferença significativa das doses de nitrogênio para o número de panículas m^{-2} , percentagem de espiguetas estéreis, número de espiguetas cheias panícula^{-1} e massa de 1.000 grãos, concordando com os obtidos por Stone et al. (1999). Arf et al. (2003) também não verificaram efeito da adubação nitrogenada em cobertura nas características agronômicas e produtivas em cultivares de arroz de terras altas.

Quadro 1. Componentes da produção e produtividade de grãos do arroz de terras altas, sob plantio direto, para doses de nitrogênio e potássio em cobertura

Dose do nutriente	Panícula m ⁻²	Espiguetas estéril	Espiguetas cheias panícula ⁻¹	Massa de 1.000 grãos	Produtividade de grãos	Teor de proteína no grão	Produção de proteína bruta
kg ha ⁻¹	n°	%	n°	g	kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹	kg ha ⁻¹
N							
0	63,0	35,8	211,8	23,1	2.414 c	80,9 c	196,2 d
25	68,2	33,4	233,5	23,3	3.076 b	86,3 bc	266,7 c
50	78,4	33,5	212,2	23,6	3.022 ab	85,3 bc	285,5 bc
75	75,6	32,6	243,6	23,7	3.647 a	92,1 ab	335,4 a
100	68,3	33,3	241,5	23,2	3.337 ab	98,4 a	327,5 ab
Teste F	2,42 ^{ns}	0,87 ^{ns}	3,43 ^{ns}	0,68 ^{ns}	18,15 ^{**}	6,86 ^{**}	21,86 ^{**}
DMS	16,3	5,8	34,4	1,2	445,7	10,6	49,1
K ₂ O							
0	69,1	36,0a	220,4	23,5	2.840 b	86,8	250,5 b
25	71,1	31,2 b	234,3	23,2	3.278 a	92,3	304,3 a
50	71,9	34,0 ab	230,9	23,5	3.359 a	86,8	292,0 a
Teste F	0,23 ^{ns}	4,83 [*]	1,24 ^{ns}	0,31 ^{ns}	11,00 ^{**}	2,54 ^{ns}	9,25 ^{**}
DMS	10,8	3,8	22,7	0,8	293,8	7,0	32,4
C.V. (%)	16,9	12,6	11,0	3,9	10,3	8,8	12,8

Obs.: Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5 %.

Já Campello Junior (1985) observou que a adubação nitrogenada proporcionou aumento no número de colmos e panículas m⁻². Soares & Moraes (1983) constataram que as variações na produtividade de grãos foram provocadas principalmente pelo número de panículas m⁻².

As altas porcentagens de espiguetas estéreis obtidas no experimento poderiam estar relacionadas com o suprimento inadequado de água, fato não ocorrido, o que acarretaria decréscimo na translocação de assimilados, resultando em alta porcentagem de grãos vazios (Mueller, 1980).

A produtividade foi influenciada pela adubação nitrogenada, tendo a dose de 75 kg ha⁻¹ de N proporcionado o maior valor, com 3.647 kg ha⁻¹, não diferindo das doses de 50 e 100 kg ha⁻¹ de N. Porém, constatou-se um decréscimo com a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N. Uma das explicações para a diminuição da produtividade com o aumento da dose de 100 kg ha⁻¹ de N pode estar relacionada com o sombreamento mútuo, ocasionado pelo aumento da área foliar induzida por doses elevadas de nitrogênio (Stone et al., 1999).

Bacha & Lopes (1983) e Lopes et al. (1996) também encontraram, no Rio Grande do Sul, resposta ao nitrogênio para a produtividade com doses de até 120 kg ha⁻¹ de N. O mesmo foi verificado por Patel et al. (1986), obtendo acréscimo significativo na produtividade com aumento das doses até 180 kg ha⁻¹ de N. No entanto, Stone & Silva (1998) verificaram

que a dose de 40 kg ha⁻¹ de N foi suficiente para o arroz de terras altas, não havendo diferença significativa entre as produtividades obtidas com essa dose e 80 kg ha⁻¹ de N. Já Mauad et al. (2003) verificaram que aplicação de altas doses não refletiram em aumento na produtividade de grãos, mas, sim, na redução. Segundo esses resultados, não há uma recomendação singular para aplicação de nitrogênio, devendo-se considerar outros fatores, como: cultivar, sistema de produção, região de cultivo, dentre outros.

As doses de 75 e 100 kg ha⁻¹ de N resultaram em maior teor de proteína no grão como também a produção de proteína bruta, concordando com os resultados obtidos por Bordin et al. (2003), que encontraram efeito positivo no aumento de doses (0 a 75 kg ha⁻¹ de N) para esses componentes.

Os componentes de renda e rendimento do arroz não sofreram influência em resposta às doses de nitrogênio (Quadro 2), corroborando os resultados encontrados por Arf et al. (1996) e Art et al. (2003). Bordin et al. (2003), trabalhando com quatro doses de nitrogênio (0, 25, 50 e 75 kg ha⁻¹), observaram maiores porcentagens (41 %) para esses componentes com a dose de 75 kg ha⁻¹ de N. Vieira & Carvalho (1999) afirmaram que a legislação prevê um rendimento de benefício de 68 e 40 % para o rendimento de grãos inteiros em nível nacional, estando os dados deste trabalho acima desse valor recomendado.

Com relação à adubação potássica, as doses interferiram nos valores de percentagem de espiguetas estéreis, produtividade de grãos e produção de proteína bruta (Quadro 1). Esses resultados estão de acordo com Fageria (1999), o qual relatou que a cultura não responde à aplicação desse nutriente, como ocorre com o nitrogênio e o fósforo, porém há necessidade de adubações equilibradas com esse elemento, visando obter altas produtividades. Zarantin et al. (1999), em estudo de aplicação parcelada de adubação potássica (0, 20, 30 e 40 kg ha⁻¹), constataram incremento na massa de 100 grãos, número de grãos cheios panícula⁻¹, número de panículas m⁻² e, principalmente, da produção de grãos.

Silva et al. (2002), trabalhando com manejo da época de aplicação de 50 kg ha⁻¹ de K₂O em arroz de terras altas, verificaram que apenas a produtividade de grãos apresentou resposta em relação ao manejo, obtendo-se o maior valor de 5.257 kg ha⁻¹ com a aplicação na semeadura. Nesse mesmo estudo, com o cultivar IAC 202, obtiveram valor de rendimento de benefício de 70 %, semelhante ao encontrado no presente experimento, porém o rendimento de grãos inteiros foi superior (58 %).

Pela figura 1, verifica-se resposta linear para as doses de 0 e 50 kg ha⁻¹ de N, havendo para a dose de 25 kg ha⁻¹ de N ajuste quadrático na produtividade para as doses de K₂O, com valor máximo estimado de 3.518 kg ha⁻¹, empregando-se 18,8 kg ha⁻¹ de K₂O.

Quadro 2. Componentes de renda e rendimento do arroz de terras altas, sob plantio direto, para as doses de nitrogênio e potássio em cobertura

Dose do nutriente	Renda sem casca	Renda de benefício	Rendimento de grão inteiro
kg ha ⁻¹			
N			
0	81,7	71,4	43,4
25	83,0	72,3	44,3
50	82,3	72,2	45,5
75	82,0	71,6	46,1
100	82,8	72,3	46,7
Teste F	1,12 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,74 ^{ns}
DMS	2,0	2,9	6,3
K ₂ O,			
0	81,8	71,5	45,2
25	82,8	72,2	45,3
50	82,5	72,1	45,1
Teste F	2,04 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,01 ^{ns}
DMS	1,3	1,9	4,2
C.V. (%)	1,8	3,0	10,3

Obs.: Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5 %.

Na figura 2, estão mostrados os valores de produtividade para as doses de N em cada dose de K₂O. Houve ajustes quadráticos semelhantes para as doses de 25 e 50 kg ha⁻¹ de K₂O, obtendo-se a produtividade máxima estimada de 3.785 kg ha⁻¹ com aproximadamente 65 kg ha⁻¹ de N.

$$\begin{aligned} 0 \text{ N } \quad \hat{Y} &= 1852,4 + 22,5x & R^2 &= 0,85^{**} \\ 25 \text{ N } \quad \hat{Y} &= 3176,7 + 36,4x - 0,97x^2 & R^2 &= 1,00^{*} \\ 50 \text{ N } \quad \hat{Y} &= 2456,9 + 34,6x & R^2 &= 0,94^{**} \end{aligned}$$

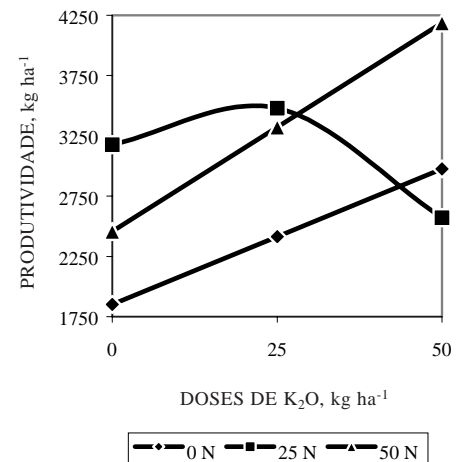


Figura 1. Produtividade do arroz como função da dose de potássio em cada dose de nitrogênio.

$$\begin{aligned} 0 \text{ K}_2\text{O} \quad \hat{Y} &= 2256,8 + 11,7x & R^2 &= 0,53^{**} \\ 25 \text{ K}_2\text{O} \quad \hat{Y} &= 2526,9 + 39,5x - 0,31x^2 & R^2 &= 0,94^{*} \\ 50 \text{ K}_2\text{O} \quad \hat{Y} &= 2805,9 + 26,2x - 0,20x^2 & R^2 &= 0,32^{*} \end{aligned}$$

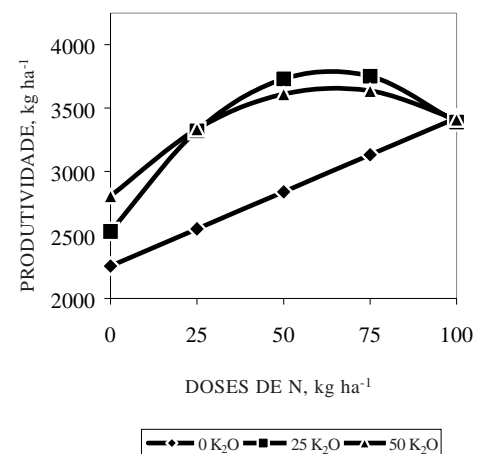


Figura 2. Produtividade do arroz como função da dose de nitrogênio em cada dose de potássio.

As equações de regressão para a produção de proteína bruta em função da dose de N e K₂O aplicadas (Figuras 3 e 4) apresentaram-se semelhantes em relação às obtidas para a produtividade; a produção máxima estimada para a curva de 25 kg ha⁻¹ de N é obtida com a dose de 19 kg ha⁻¹ de K₂O e para a curva de 50 kg ha⁻¹ de K₂O, a produção máxima alcançada é obtida com a dose de 69 kg ha⁻¹ de N.

Bitzer (1982) citado por Büll (1993), em trabalho com a cultura do milho, encontrou maior absorção de nitrogênio com aumento de doses de potássio (0, 67 e 134 kg ha⁻¹ de K₂O).

$$\begin{aligned} 0 \text{ N} \quad \hat{Y} &= 141,1 + 2,20 x & R^2 &= 0,98^{**} \\ 25 \text{ N} \quad \hat{Y} &= 275,9 + 3,78 x - 0,099 x^2 & R^2 &= 1,00^{*} \\ 50 \text{ N} \quad \hat{Y} &= 205,4 + 3,20 x & R^2 &= 0,93^{**} \end{aligned}$$

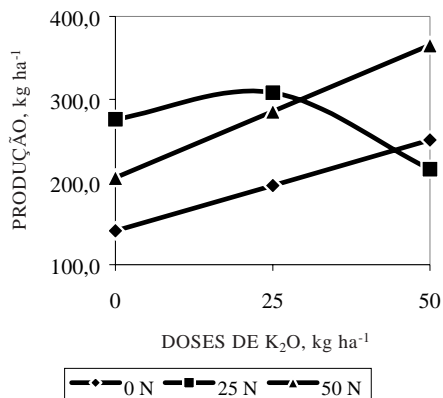


Figura 3. Produção de proteína bruta nos grãos como função da dose de potássio em cada dose de nitrogênio.

$$\begin{aligned} 0 \text{ K}_2\text{O} \quad \hat{Y} &= 168,7 + 1,64 x & R^2 &= 0,67^{**} \\ 25 \text{ K}_2\text{O} \quad \hat{Y} &= 225,5 + 1,57 x & R^2 &= 0,78^{**} \\ 50 \text{ K}_2\text{O} \quad \hat{Y} &= 227,1 + 2,91 x - 0,021 x^2 & R^2 &= 0,44^{**} \end{aligned}$$

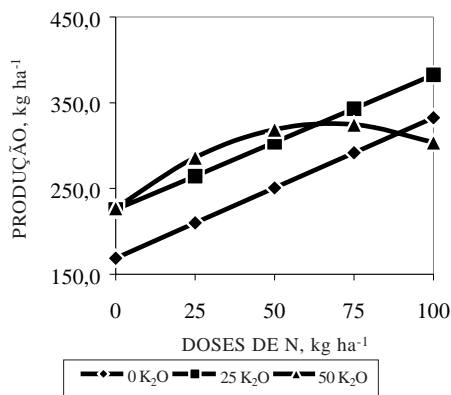


Figura 4. Produção de proteína bruta nos grãos como função da dose de nitrogênio e cada dose de potássio.

De acordo com Fageria et al. (1990), o nível de K₂O para a produção máxima varia conforme o ano e o cultivar; em trabalhos realizados com arroz de terras altas, a produtividade de grãos mostrou resposta à adubação potássica nos valores de 47 a 67 kg ha⁻¹. A produtividade máxima de 2.383 kg ha⁻¹, foi obtida com a dose de 57 kg ha⁻¹ de K₂O. Fageria (1999) cita que a cultura do arroz geralmente não responde à adubação potássica quando a análise do solo revelar teor de potássio em torno de 1,3 mmolc dm⁻³, o que se deve, parcialmente, ao fato de que 80 a 90 % do K acumulado na palha retornar ao solo por meio da incorporação dos restos culturais (Barbosa Filho, 1987).

Bordin et al. (2003) obtiveram a maior produtividade de arroz (3.044 kg ha⁻¹) com a dose de 80 kg ha⁻¹ de N. Esses autores verificaram aumento quadrático na quantidade de proteína bruta produzida por hectare com o aumento das doses de N em cobertura, tendo a dose de 62 kg ha⁻¹ de N proporcionado uma produção de 182 kg ha⁻¹.

Barbosa Filho & Fonseca (1994) citaram a existência de uma correlação inversa entre teor de proteína e produtividade em arroz irrigado. Consideram que o efeito do nitrogênio não deve ser analisado isoladamente, pois outros fatores, tais como: genótipo, tamanho do grão, teor de umidade do grãos na colheita, dentre outros, podem afetar o teor protéico dos grãos de arroz.

Verificou-se, no presente trabalho, que a adubação potássica, isolada ou em conjunto com a adubação nitrogenada, influenciou positivamente a produtividade de grãos, como também a produção de proteína bruta, mesmo quando o teor inicial de K no solo foi considerado alto (Raij et al., 1997). Segundo Cantarella & Furlani (1997), a quantidade de K₂O aplicado no momento da semeadura já satisfaria a produtividade esperada de 3,0 t ha⁻¹. A resposta da cultura na interação N x K observada neste experimento reforça, de certa forma, o efeito benéfico do potássio na síntese de proteína, aliado ao aumento da capacidade de transporte pelo floema, ocasionando acréscimo no enchimento de grãos com assimilados, e pelo fato de haver estímulo na absorção de K sob a presença de fonte nítrica no solo.

CONCLUSÕES

1. A adubação nitrogenada e a potássica interferiram positivamente em diversas características produtivas do arroz de terras altas, sendo estabelecido valores de produtividade acima de 3.000 kg ha⁻¹ com a aplicação das doses de 25 kg ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente.

2. A melhor combinação de doses estaria em torno de 65 kg ha⁻¹ de N e 20 kg ha⁻¹ de K₂O, resultando

em maiores valores de produtividade e proteína bruta por hectare.

AGRADECIMENTOS

À Fazenda de Ensino e Pesquisa (FEP), UNESP, campus de Jaboticabal (SP), pela área concedida para a instalação e condução do trabalho.

Ao técnico de laboratório Mauro Volpe, pelo auxílio nas atividades do experimento.

LITERATURA CITADA

- ANDRÉ, R.G.B. & VOLPE, C.A. Dados meteorológicos de Jaboticabal no estado de São Paulo, durante os anos de 1970 e 1980. Jaboticabal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 1982 (Boletim Técnico).
- ARF, O. Efeitos de densidades populacionais e adubação nitrogenada sobre o comportamento de cultivares de arroz irrigado por aspersão. Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 1993. 63p. (Tese de Livre Docência)
- 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. *Sci. Agric.*, 60:345-352, 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 em diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura. *Científica*, 24:85-97, 1996.
- BACHA, R.E. & LOPES, M.S. Efeito de níveis e épocas de aplicação de nitrogênio sobre o rendimento de grãos de cultivares de arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 12., Porto Alegre, 1983. Anais. Porto Alegre, IRGA, 1983. p.117-120.
- BARBOSA FILHO, M.P. Nutrição e adubação do arroz (sequeiro e irrigado). Piracicaba, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1987. 129p. (Boletim Técnico, 9)
- BARBOSA FILHO, M.P. & FONSECA, J.R. Importância da adubação na qualidade do arroz. In: SÁ, M.E. & BUZETTI, S., coord. Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas. São Paulo, Ícone, 1994. p.217-231.
- 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 plantio direto, Bragantia, 62:235-241, 2003.
- BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T. & CANTARELLA, H. Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, Potafos, 1993. p.111-113.
- CAMPELLO JUNIOR, J.O. Avaliação da capacidade de extração de água do solo pelo arroz de sequeiro (*Oriza sativa* L.) sob diferentes doses de nitrogênio. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1985. 127p. (Tese de Doutorado)
- CANTARELLA, H. & FURLANI, P.R. Cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C., eds. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, IAC, 1997. p.45-71. (Boletim Técnico 100)
- CRUSCIOL, C.A.C.; MACHADO, J.R.; ARF, O. & RODRIGUES, R.A.F. Matéria seca e absorção de nutrientes em função do espaçamento e da densidade de semeadura e, arroz de terras altas. *Sci. Agric.*, 56:63-70, 1999.
- DIBB, D.W. & THOMPSON, J.R. Interactions of potassium with other nutrients. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF POTASSIUM IN AGRICULTURE, Atlanta, 1985. Proceedings. Madison, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 1985. p.515-533.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999. 41p.
- FAGERIA, N.K. Adubação e calagem. In: VIEIRA, N.R.A.; SANTOS, A.B. & SANT'ANA, E.P., eds. A cultura do arroz no Brasil. Santo Antônio de Goiás, EMBRAPA Arroz e Feijão, 1999. p.329-353.
- FAGERIA, N.K. Eficiência do uso de potássio pelos genótipos de arroz de terras altas. *Pesq. Agropec. Bras.*, 35:2115-2120, 2000.
- FAGERIA, N.K. & BARBOSA FILHO, M.P. Potassium fertilization increase upland rice yield cerrado soil. *Better Crops Intern.*, 16:12-13, 1990.
- FAGERIA, N.K.; WRIGHT, R.J.; BALIGAR, V.C. & CARVALHO, J.R.P. Upland rice response to potassium fertilization on a Brazilian Oxisol. *Fertil. Res.*, 21:141-147, 1990.
- FAGADE, S.O. & DE DATTA, S.K. Leaf area index, tillering capacity and grain yield of tropical rice as affected by plant density and nitrogen level. *Agron. J.*, 63:503-506, 1971.
- FORNASIERI FILHO, D. & FORNASIERI, J.L. Manual da cultura do arroz. Jaboticabal, FUNEP, 1993. 221p.
- HUSAIN, S.M. & SHARMA, U.C. Response of rice to nitrogen fertilizer in acidic soil of Nagaland. *Ind. J. Agric. Sci.*, 61:662-664, 1991.
- KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D.; RIBEIRO, C.M. & FERRARO, L.A. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. *Sci. Agric.*, 57:97-104, 2000.
- LOPES, S.I.G.; LOPES, M.S. & MACEDO, V.R.M. Curva de resposta à aplicação de nitrogênio para quatro genótipos de arroz irrigado. *Lav. Arrozreira*, 49:3-6, 1996.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba, Potafos, 1997. 319p.
- MAUAD, M.; CRUSCIOL, C.A.C.; GRASSI FILHO, H. & CORRÊA, J.C. Nitrogen and silicon fertilization of upland rice. *Sci. Agric.*, 60:761-765, 2003.
- MUELLER, S. Influência da adubação nitrogenada sobre o rendimento e outros parâmetros de três cultivares de arroz irrigado (*Oriza sativa* L.). Pelotas, Universidade Federal de Pelotas, 1980. 191p. (Tese de Mestrado)
- PATEL, R.B.; PATEL, C.L.; PATEL, Z.G.; PATEL, I.G. & NAIK, A.G. Response of rice varieties to nitrogen and phosphorus in summer season. *Ind. J. Agron.*, 31:211-212, 1986.

- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. Interpretação de resultados de análise de solo. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C., eds. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1997. p.8-13. (Boletim Técnico, 100)
- SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análises químicas em plantas. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1974. 56p. Não paginado
- SILVA, T.R.B.; SORATTO, R.P.; OZEKI, M. & ARF, O. Manejo da época de aplicação da adubação potássica em arroz de terras altas irrigado por aspersão em solo de cerrado. Acta Sci., 24:1455-1460, 2002.
- SOARES, P.C. & MORAIS, O.P. Efeitos de diferentes níveis de nitrogênio sobre variedades tradicional e melhorada de arroz irrigado na zona da mata de Minas Gerais. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. Projeto arroz; relatório 78/80. Belo Horizonte, 1983. p.243-251.
- STONE, L.F. & SILVA, J.G. Resposta do arroz de sequeiro à profundidade de aração, adubação nitrogenada e condições hídricas do solo. Pesq. Agropec. Bras., 33:891-897, 1998.
- STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M.; MOREIRA, J.A.A. & YOKOYAMA, L.P. Adubação nitrogenada em arroz sob irrigação suplementar por aspersão. Pesq. Agropec. Bras., 34:927-932, 1999.
- VIEIRA, N.R.A. & CARVALHO, J.L.V. Qualidade tecnológica. In: VIEIRA, N.R.A.; SANTOS, A.B. & SANT'ANA, E.P., eds. A cultura do arroz no Brasil. Santo Antônio de Goiás, EMBRAPA Arroz e Feijão, 1999. p.582-598.
- ZARATIN, C.; MELO, L.P. & PANTANO, A.C. Efeitos de doses e do parcelamento de potássio em cultivares de arroz irrigado por aspersão: produção de sementes. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11., Botucatu, 1999. Resumos. São Paulo, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 1999. p.202.