

Épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do arroz inundado

Gustavo Pavan MATEUS¹; José Carlos FELTRAN²; Carlos Alexandre Costa CRUSCIOL³

¹ Pesquisador Científico, Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Extremo Oeste - Apta, Caixa Postal 67, CEP 16900-000, Andradina-SP. gpmateus@aptaregional.sp.gov.br.

² Pesquisador Científico, Instituto Agronômico de Campinas – IAC. Caixa Postal 28, CEP 13001-970, Campinas-SP. feltran@iac.sp.gov.br.

³ Professor Adjunto, Departamento de Produção Vegetal - Agricultura, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista. Caixa Postal 237, CEP 18603-970 Botucatu-SP. Bolsista do CNPq. E-mail: crusciol@fca.unesp.br

Resumo

A adubação nitrogenada contribui de maneira significativa para altos rendimentos dos cereais, de forma que o momento em que o nutriente está disponível à planta interfere na produtividade. Dessa maneira, conduziu-se experimento em casa de vegetação, com o objetivo de caracterizar o período crítico para a suplementação de nitrogênio na cultura de arroz inundado. Os tratamentos, distribuídos em blocos inteiramente casualizados, com três repetições, constaram da aplicação de 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio nos estádios de desenvolvimento: perfilhamento (P), diferenciação do primórdio da panícula (DPP) e emborrachamento (E), da seguinte maneira: (1) sem nitrogênio; (2) 100 kg ha⁻¹ no P; (3) 100 kg ha⁻¹ na DPP; (4) 100 kg ha⁻¹ no E; (5) 50 kg ha⁻¹ no P + 50 kg ha⁻¹ na DPP; (6) 50 kg ha⁻¹ no P + 50 kg ha⁻¹ no E; (7) 50 kg ha⁻¹ na DPP + 50 kg ha⁻¹ no E; (8) 33,3 kg ha⁻¹ em cada estágio (P, DPP e E). A aplicação parcelada de nitrogênio nos estádios de diferenciação do primórdio da panícula e de emborrachamento proporcionou maior produtividade de grãos. O número de panículas, a relação número de panículas/número de colmos e a produtividade de grãos de arroz estiveram relacionados com o teor de nitrogênio na folha-bandeira.

Palavras-chave adicionais: *Oryza sativa*; várzea; época de aplicação; parcelamento.

Abstract

MATEUS, G. P.; FELTRAN, J. C.; CRUSCIOL, C. A. C. Moments for the application of nitrogen fertilizers to flooded rice. *Científica*, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 144-149. 2006.

The important role played by nitrogen fertilizers in increasing yields is highly related to the moment the element N is made available to the plant. The objective of this experiment was thus to study the critical stage of flooded rice plants in which the availability of N would bring about the highest yields. The plants, grown in a green house, were supplied with 100 kg ha⁻¹ of N at the growth stages of tillering (P), differentiation of the panicle primordium (DPP), and booting (E) as follows : (1) no nitrogen, (2) 100 kg ha⁻¹ at P, (3) 100 kg ha⁻¹ at DPP, (4) 100 kg ha⁻¹ at E, (5) 50 kg ha⁻¹ at P and 50 kg ha⁻¹ at DPP, (6) 50 kg ha⁻¹ at P and 50 kg ha⁻¹ at E, (7) 50 kg ha⁻¹ at DPP and 50 kg ha⁻¹ at E, and (8) 33.3 kg ha⁻¹ at each stage (P, DPP, and E). The split application of N at the DPP and E stages resulted in the highest yields of grains. The number of panicles, the relation between the number of panicles and the number of culms and grain yield were found to be related with the amount of N in the flag leaf.

Additional keywords: *Oryza sativa*; lowland rice; time of application; split.

Introdução

A cultura do arroz inundado exige alta tecnologia para maximizar o retorno de investimentos. A aplicação de nitrogênio é o fator mais limitante para a produção do arroz (BECKER et al., 1994; BALIGAR & FAGERIA, 1997), e o uso correto da adubação nitrogenada proporciona maior produtividade de grãos (LOPES et al., 1996).

A época da aplicação e o parcelamento da adubação nitrogenada podem melhorar a resposta da cultura ao nitrogênio, especialmente em altas doses,

além de aumentar a eficiência do uso deste nutriente durante o desenvolvimento da cultura, provendo as plantas de quantidades adequadas durante a maior demanda pelo nutriente (FAGERIA & BALIGAR, 1999).

O parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura visa a aumentar a produção de grãos, uma vez que o nitrogênio disponível é rapidamente absorvido pela planta e/ou perdido pelos processos de lixiviação e desnitrificação (BREDEMEIER & MUNDSTOCK, 2000). Com a aplicação da uréia em solo bem drenado e imediata inundação da área, o N desloca-se no solo em profundidade seguindo o movimento da água,

podendo ficar retido nos colóides, na forma de $N-NH_4^+$ (HUMPHREYS et al., 1987). Por outro lado, a uréia aplicada na água desloca-se apenas nos primeiros centímetros do solo onde é hidrolisada a $N-NH_4^+$ que se difunde tanto para a água como para o solo. Na água, poderão ocorrer perdas de N por volatilização de NH_3 enquanto, no solo, o $N-NH_4^+$ pode ser nitrificado na camada oxidada. Caso o $N-NO_3^-$ produzido se difunda até a camada reduzida, este poderá ser perdido por desnitrificação (HUMPHREYS et al., 1987; KATYAL & GADALLA, 1990).

A adubação tem sido efetuada em estádios mais adiantados da cultura (CASTILLO et al., 1992; GUINDO et al., 1994), na tentativa de fornecer o nutriente em quantidade e momento adequados. No entanto, poucos estudos avaliaram o parcelamento do nitrogênio em diferentes épocas, principalmente nos estádios vegetativos e reprodutivos (FAGERIA & BALIGAR, 1999).

A produtividade de grãos e seus componentes podem estar intimamente ligados entre si, de forma a apresentar correlações positivas ou negativas. Assim, o conhecimento dessas correlações pode ajudar na escolha do melhor manejo da adubação nitrogenada, o qual pode aumentar a produtividade e diminuir o custo de produção e o impacto ambiental (FREITAS et al., 2001).

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de estudar a melhor época de aplicação de nitrogênio na cultura do arroz inundado, bem como estimar os níveis de correlações entre produtividade de grãos, número de colmos e panículas por metro quadrado, número de espiguetas por panícula, fertilidade de espiguetas, massa de 1.000 grãos, relação nº de panículas/nº de colmos e teor de N na folha-bandeira.

Material e métodos

O experimento foi realizado em Botucatu-SP (22°51'S, 48°26'W, e altitude de 740 m), utilizando-se do delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados, com três repetições. Os tratamentos constituíram-se na aplicação de 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio, sob forma de uréia (45% de N), nos estádios de perfilhamento (P), diferenciação do primórdio da panícula (DPP) e emborrachamento (E), da seguinte maneira: (1) sem nitrogênio; (2) 100 kg ha⁻¹ no P; (3) 100 kg ha⁻¹ na DPP; (4) 100 kg ha⁻¹ no E; (5) 50 kg ha⁻¹ no P + 50 kg ha⁻¹ na DPP; (6) 50 kg ha⁻¹ no P + 50 kg ha⁻¹ no E; (7) 50 kg ha⁻¹ na DPP + 50 kg ha⁻¹ no E; (8) 33,3 kg ha⁻¹ em cada estágio (P, DPP e E).

A cultivar empregada foi a IAC 102, proveniente do Instituto Agrônomo de Campinas-SP, tendo como principais características: ciclo médio (125 a 135 dias), porte médio (90 a 100 cm), boa resistência

ao acamamento, resistência moderada a brusone (*Pyricularia grisea*), grãos longos, rendimento de grãos inteiros em torno de 55% e produtividade variando de 4.000 a 7.000 kg ha⁻¹ (IAC, 1997).

O experimento foi instalado sob cobertura de túnel de plástico com as laterais teladas, em caixas de cimento-amianto, cada uma com capacidade para 500 L e área útil de 1 m², no interior das quais foi colocada uma camada de 30 cm de espessura de um Neossolo Flúvico Ta eutrófico (EMBRAPA, 1999), retirado da camada arável (0-20 cm) de uma área de várzea, sendo este cultivado anteriormente com a cultura do arroz. O resultado da análise dos atributos químicos dessa camada de solo foi: pH (CaCl₂) de 5,6; 7 g dm⁻³ de M.O.; 20 mmol_c dm⁻³ de H+Al; 19 mg dm⁻³ de P (resina); 1,0; 52 e 37 mmol_c dm⁻³ de K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺, respectivamente; CTC de 110 mmol_c dm⁻³ e saturação por bases (V) de 82 %. As caixas apresentavam entrada e saída de água individuais, com regulação de admissão da lâmina de água por meio de registros e drenagem por tubos de PVC.

A adubação mineral utilizada na semeadura seguiu recomendação de RAIJ et al. (1996), constituída de 30 kg ha⁻¹ de N; 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅; 100 kg ha⁻¹ de K₂O, e 3 kg ha⁻¹ de Zn, nas formas de uréia, superfosfato simples, cloreto de potássio e sulfato de zinco, respectivamente.

As sementes foram embebidas em água destilada por 24 horas e, em seguida, permaneceram em germinador (25 °C) por 24 horas (período em que a radícula atingiu 2 mm). A semeadura foi efetuada em 08-12-2000, a lanço, sendo distribuídas 500 sementes por metro quadrado, sob lâmina de água de 5 cm sobre o solo. Três dias após a semeadura (DAS), realizou-se a drenagem das parcelas para aeração da parte aérea das plantas, deixando acima do solo 1 cm de lâmina de água. Após o perfilhamento, as caixas foram mantidas com lâmina de água de 10 cm sobre o solo.

Os estádios fenológicos de perfilhamento, diferenciação do primórdio da panícula e emborrachamento ocorreram aos 34; 71 e 88 DAS, respectivamente.

No florescimento pleno, coletou-se a folha-bandeira de 50 plantas por parcela (CANTARELLA & FURLANI, 1997). As folhas foram lavadas e secas em estufa de circulação forçada de ar, a 60-70 °C, até atingir massa constante. Posteriormente, realizaram-se a moagem do material e a determinação do teor de N, segundo metodologia descrita em MALAVOLTA et al. (1997).

Na maturidade fisiológica, determinaram-se o número de colmos, o número de panículas, a porcentagem de colmos férteis, a relação nº de panículas/nº de colmos, o número de espiguetas totais por panícula, a fertilidade de espiguetas, a massa de

1.000 grãos e a produtividade de grãos.

Todos os resultados foram submetidos à análise de variância, sem transformação, com aplicação do teste F, sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Efetuaram-se, também, análises de correlação linear simples entre diversas características do arroz, objetivando determinar o grau de associação entre elas. Todos os cálculos foram realizados por meio do programa de computador SISVAR versão 4.2.

Resultados e discussão

A aplicação de N promoveu incremento do número de colmos, sendo o maior valor observado no tratamento 8 (Tabela 1). Segundo FAGERIA & BALIGAR (1995), a aplicação de nitrogênio na fase vegetativa da cultura pode resultar em maior perfilhamento e, conseqüentemente, em maior número de colmos.

Tabela 1 - Atributos agrônômicos e teor de nitrogênio na folha bandeira do arroz inundado, cultivar IAC 102, em razão do manejo da adubação nitrogenada. Botucatu-SP, 2000.

Table 1 - Agronomic characteristics and nitrogen content of the flag leaf of flooded rice, cultivar IAC 102, as results of the nitrogen fertilization management.

Tratamentos / Treatments P-DPP-E ¹	Nº de colmos por m ² / Culms/m ²	Nº de paniculas por m ² / Panicles/m ²	Fertilidade de colmos / Culm fertility	Relação nº paniculas / nº colmos / Panicles/Culms	Espiguetas por panícula / Spikelet/ Panicle	Fertilidade de espiguetas / Spikelet fertility	Massa de 1000 grãos / 1000 grains weight	Produtividade / Productivity	Teor de N / N content
(kg ha ⁻¹ de N)			(%)			(%)	(g)	(kg ha ⁻¹)	(g kg ⁻¹)
T1 (0-0-0)	795 b	193 bc	64,3 a	0,25 bc	34 b	82,5 ab	30,4 b	979 cd	20,67 b
T2 (100-0-0)	1055 ab	109 c	69,2 a	0,11 c	32 b	75,4 b	30,5 ab	540 d	21,37 b
T3 (0-100-0)	1061 ab	191 bc	84,4 a	0,18 c	47 a	82,5 ab	32,2 a	1722 abc	21,75 b
T4 (0-0-100)	906 ab	410 a	83,3 a	0,47 a	40 ab	76,9 ab	31,1 ab	2031 ab	29,03 a
T5 (50-50-0)	919 ab	231 bc	79,4 a	0,27 bc	43 a	79,3 ab	30,4 b	1451 bcd	23,43 ab
T6 (50-0-50)	966 ab	255 abc	65,0 a	0,28 bc	39 ab	77,4 ab	30,2 b	1299 bcd	25,53 ab
T7 (0-50-50)	980 ab	407 a	90,5 a	0,42 ab	48 a	83,2 ab	31,5 ab	2516 a	26,69 ab
T8 (34-33-33)	1185 a	258 ab	73,5 a	0,26 bc	45 a	84,2 a	30,9 ab	1766 abc	24,59 ab
Médias	983	262	76,2	0,28	41	80,2	30,92	1538	24,13
Teste F	3,00*	9,56*	2,52 ^{ns}	10,35*	9,56*	2,00 ^{ns}	3,67*	9,18*	4,59*
C.V. (%)	12,00	22,64	13,84	22,15	8,06	5,08	2,00	22,91	9,68
DMS	340	172	30,4	0,18	9,5	8,5	1,8	1015	6,73

Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, para cada variável não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

* e ns: Significativo a 5% e não-significativo pelo teste F.

¹ P (perfilhamento): DPP (diferenciação do primórdio da panícula) e E (emborrachamento)

Means in the same column, followed by the same letter, are not significantly different according to Tukey's test. * and ns: significative at 5% and not-significative by F test. ¹ P (tillering): DPP (differentiation of the panicle primordium) and E (booting)

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Quando ao número de paniculas por metro quadrado, observou-se que a aplicação de N parcelada e aplicada apenas nos estádios DPP e E, e a aplicação de dose única no emborrachamento resultaram nos maiores valores desta variável, o que pode ser verificado nos tratamentos 4 e 7. Isto deve-se à grande demanda por N nestes estádios da cultura, devido à formação e desenvolvimento de estruturas reprodutivas, consideradas drenos fortes (FAGERIA, 1999). Porém, quando o nitrogênio foi aplicado apenas na fase vegetativa da cultura, houve maior estímulo ao perfilhamento, aumentando a competição entre

os órgãos reprodutivos e os vegetativos (T2), tendo como resultado a menor produtividade de grãos. Com relação à fertilidade de colmos, não se constatou efeito estatisticamente significativo da adubação e do parcelamento do N. Comportamento semelhante ao observado para número de paniculas foi verificado para a relação número de paniculas/número de colmos, mostrando que a maior disponibilidade de N nos estádios reprodutivos (T4 e T7) propiciou melhor utilização do nutriente para formação de paniculas, com reflexos positivos sobre a produtividade de grãos.

O número de espiguetas por panícula foi

significativamente alterado com o parcelamento do nitrogênio, sendo que a aplicação do nutriente, principalmente na época da diferenciação do primórdio da panícula, independentemente do manejo da adubação, resultou em maior produção de espiguetas. Isto explica-se porque os processos fisiológicos influenciados pela partição de N na planta de arroz são

estabelecidos antes dos estádios de emborrachamento e florescimento (FAGERIA & BALIGAR, 1999). Desta forma, o aumento de N na solução do solo, devido à aplicação dos tratamentos, favoreceu a maior assimilação do nutriente e, conseqüentemente, os processos de divisão celular.

Tabela 2 - Coeficientes de correlação linear simples entre produtividade (Prod), panículas/m² (Pan), número de espiguetas por panícula (Esp./Pan), fertilidade de espiguetas (Fert Esp), massa de 1.000 grãos (1.000), porcentagem de colmos férteis (Col Fert), relação panícula/colmo (Rel), colmos/m² (Col) e teor de N na folha bandeira (N), em arroz inundado cv. IAC 102. Botucatu-SP, 2000.

Table 2 – Linear, simple, correlation coefficients between productivity (Prod), panicles/m² (Pan), spikelet/panicle (Esp./Pan), spikelet fertility (Fert Esp), weight of 1.000 grains (1000), percentage of fertile culms (Col Fert), panicle/culm (Rel), culms/m², and N content in the flag leaf (N) in flooded rice (IAC 102).

	Pan	Esp / Pan	Fert Esp	1.000	Col Fert	Rel	Col	N
Prod.	0,87**	0,85**	0,48 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,82*	0,78*	0,12 ^{ns}	0,72*
Pan.	-	0,52 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,98**	-0,16 ^{ns}	0,91**
Esp./pan.	-	-	0,62 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,77*	0,38 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,38 ^{ns}
Fert. esp.	-	-	-	0,30 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,14 ^{ns}
1000	-	-	-	-	0,46 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,39 ^{ns}	-0,08 ^{ns}
Col. Fert.	-	-	-	-	-	0,52 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,48 ^{ns}
Rel.	-	-	-	-	-	-	-0,34 ^{ns}	0,89**
Col	-	-	-	-	-	-	-	-0,002 ^{ns}

** , * e ns: Significativos a 1%, 5% e não significativo pelo teste F, respectivamente.

** , * and ns: significant at 1%, 5% and not significant by F test, respectively.

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Quanto à fertilidade de espiguetas, constatou-se que o maior parcelamento da adubação nitrogenada (T8) promoveu maior porcentagem de espiguetas granadas por panícula (84,2%). No entanto, mesmo sem aplicação de nitrogênio (T1), obteve-se 82,5%, sendo este comportamento possivelmente explicado pelo ajuste da planta às condições predominantes visando à propagação da espécie, uma vez que este tratamento proporcionou valor baixo de número de colmos por metro quadrado e menor valor da relação espiguetas por panículas.

Com relação à massa de 1.000 grãos, obtiveram-se valores entre 30,2 g (T6) a 32,2 g (T3). Aparentemente, a aplicação de N nos estádios que estão diretamente ligados à fase reprodutiva, parece ter oferecido condições mais favoráveis ao enchimento dos grãos, sendo obtidos, respectivamente, os valores de 32,2; 31,1; 31,5 e 30,9 g para os tratamentos 3; 4; 7 e 8. Porém, nos tratamentos 5 e 6, apesar de o N ser aplicado também na fase reprodutiva, aparentemente a quantidade foi insuficiente para a boa formação dos

grãos. Entretanto, a máxima variação da massa de 1.000 grãos entre os tratamentos foi de apenas 6,2 %. Além de ser uma característica varietal estável, a massa do grão depende do tamanho da casca, a qual é definida durante as duas semanas que antecedem a antese (YOSHIDA, 1981), do tamanho da cariopse após o florescimento (MATSUSHIMA, 1970) e do suprimento adequado de carboidratos (MACHADO, 1994).

As maiores produtividades de grãos foram obtidas quando todo o nitrogênio foi aplicado no estádio E (T4) e quando parcelado na DPP e E (T7). Assim, a aplicação de nitrogênio nos dois últimos estádios de desenvolvimento (DPP e E) contribui de forma positiva para o aumento da produtividade, o que é conseqüência, principalmente, dos resultados verificados para número de panículas por metro quadrado, relação número de panículas por número de colmos, número de espiguetas por panícula e massa de 1.000 grãos. Estes resultados também indicam que a aplicação de maiores quantidades de N na fase inicial da cultura não resulta em acréscimos de produtividade

de grãos, visto que a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N no perfilhamento (T2) não foi mais eficiente do que o tratamento que não recebeu nitrogênio (T1).

Os componentes da produção também foram influenciados positivamente pela aplicação do N na fase reprodutiva; por conseguinte, refletiram no aumento da produtividade de grãos. No entanto, a produtividade de grãos obtida em todos os tratamentos foi muito inferior ao potencial produtivo da cultivar, tendo como possível causa o cultivo sucessivo do arroz nas unidades experimentais. Em sistema de cultivo sucessivo de arroz, a baixa produtividade de grãos pode estar associada à decomposição da palhada, a qual libera para a solução do solo compostos ácidos tóxicos (p-cumárico, ácido o-hidroxifenilacético, ácido ferúlico, ácido vanílico e ácido siríngico), os quais alteram a atividade radicular e a absorção de íons (CHOU et al., 1981; EBANA et al., 2001), tendo como efeito a auto-intoxicação das plantas. Assim, o cultivo somente do arroz nas unidades experimentais pode ter resultado em auto-intoxicação das plantas e, conseqüentemente, em redução da capacidade produtiva da cultivar.

Com relação ao teor de N na folha-bandeira (Tabela 1), constatou-se que a aplicação de nitrogênio incrementou o teor deste nutriente quando o N foi aplicado na dose de 100 kg ha⁻¹ no estágio de emborrachamento (T4), sendo que apenas neste tratamento o teor de N pode ser considerado como adequado à cultura (RAIJ et al., 1996).

A produtividade de grãos correlacionou-se significativamente com o número de panículas por metro quadrado, o número de espiguetas por panícula, a porcentagem de colmos férteis, a relação panícula/colmo e o teor de N na folha-bandeira (Tabela 2). Verificou-se, também, correlação positiva entre o número de panículas por metro quadrado e a relação panícula/colmo e entre o número de espiguetas por panícula e a porcentagem de colmos férteis. Já, para o teor de N na folha bandeira, observou-se correlação positiva e significativa com o número de panículas por metro quadrado e a com a relação panícula/colmo. Desta forma, pode-se inferir que o incremento de N na folha-bandeira aumentou a quantidade de panículas viáveis por metro quadrado e, conseqüentemente, a produtividade de grãos o que pode ser verificado nos tratamentos 4 e 7.

Conclusões

A aplicação parcelada de nitrogênio nos estádios de diferenciação do primórdio da panícula e de emborrachamento proporcionou maior produtividade de grãos.

O número de panículas, a relação nº de

panículas/nº de colmos e a produtividade de grãos de arroz estiveram relacionados com o teor de nitrogênio na folha-bandeira.

Referências

- BALIGAR, V. C.; FAGERIA, N. K. Nutrient use efficiency in acid soils: nutrient management and plant use efficiency. In: MONIS, A. C.; FURLANI, A. M. C.; FAGERIA, N. K.; ROSOLEM, C. A.; CANTARELLA, H. (Ed.) **Plant-soil interactions at low pH: sustainable agriculture and forestry production**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. p.75-95.
- BECKER, M.; LADHA, J. K.; OTTOW, J. C. G. Nitrogen losses and lowland rice yield as affected by residue nitrogen release. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.58, n.6, p.1660-1665, 1994.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.2, p.365-372, 2000.
- CANTARELLA, H.; FURLANI, P. R. **Cereais: arroz irrigado**. Campinas: IAC, 1997, p.50-51 (Boletim Técnico, 100).
- CASTILLO, E. G.; BURESH, R. J.; INGRA, K. T. Lowland rice yield as affected by timing of water deficit and nitrogen fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, n.2, p.152-159, 1992.
- CHOU, C. H.; CHIANG, Y. H.; CHANG, H. H. Autointoxication mechanisms of *Oryza sativa*. III Effects of temperature on phytotoxin production during rice straw decomposition in soil. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.7, p.741-752, 1981.
- EBANA, K.; YAN, W.; DILDAY, R. H.; NAMAI, H.; OKUNO, K. Variation in the allelopathic effect of rice with water soluble extract. **Agronomy Journal**, Madison, v.93, n.1, p.12-16, 2001.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999. 412p.
- FAGERIA, N. K. Nutrição mineral. In: VIEIRA, N. R. A.; SANTOS, A. B.; SANT'ANA, E. P. **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p.172-199.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Response of lowland rice and common beans grown in rotation to soil fertility levels on a varzea soil. **Fertilizer and Research**, Netherlands, v.45, n.1, p.13-20, 1995.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Yield and yield components of lowland rice as influenced by timing of nitrogen fertilization. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.22, n.1, p.23-32, 1999.
- 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 Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.3, p.573-579, 2001.

GUINDO, D.; WELLS, B. R.; NORMAN, R. J. Cultivar and nitrogen rate influence on nitrogen uptake and partitioning in rice. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.58, n.3, p.840-845, 1994.

HUMPHREYS, E.; MUIRHEAD, W. A.; MELHUIH, F. M. Effects of time of urea application on combine-sown Calrose rice in South-east Australia. II. Mineral nitrogen transformations in the soil-water system. **Australian Journal of Agriculture Research**, Melbourne, v.38, n.1, p.113-127, 1987.

IAC – INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Cultivares elite**. Campinas, 1997. 57p.

KATYAL, J. C.; GADALLA, A. M. Fate of urea-N in floodwater. I. Relation with total N loss. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.121, n.1, p.21-30, 1990.

LOPES, S. I. G.; LOPES, N. S.; MACEDO, V. R. M. Curva de resposta à aplicação de nitrogênio para quatro genótipos de arroz irrigado. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.49, n.425, p.3-6, 1996.

MACHADO, J. R. **Desenvolvimento da planta e produtividade de grãos de populações de arroz (Oriza sativa L.) irrigado por inundação em função da época de cultivo**. 1994, 237f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 308p.

MATSUSHIMA, S. **Crop science in rice: theory and yield determination and its applications**. Tokyo: Fuji, 1970. 379p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico/ Fundação IAC, 1996. p.45-47. (Boletim Técnico, 100).

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

Recebido em 2-7-2004

Aceito para publicação em 12-6-2006