

RESPOSTA DO ARROZ IRRIGADO À ADUBAÇÃO RESIDUAL E AOS NÍVEIS DE ADUBAÇÃO EM SOLO DE VÁRZEA

Nand Kumar Fageria¹, Alberto Baêta dos Santos² &
Francisco José P. Zimmermann¹

RESUMO

Informações sobre o efeito residual da adubação na produção de arroz irrigado em solos de várzeas no Brasil, são escassas. Conduziu-se um experimento de campo, durante três anos consecutivos, para se avaliar o efeito residual da adubação e de níveis de adubação aplicados no sulco de plantio sobre a produção de arroz irrigado em um solo Glei Pouco Húmico (Inseptissolo) de várzea, período em que a produção de matéria seca da parte aérea e de grãos foi significativamente afetada pela adubação no sulco e não pela adubação residual. As produções máximas de matéria seca e de grãos foram obtidas com o tratamento T₇ (efeito residual da adubação média + adubo verde + 75 kg N ha⁻¹, 90 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 60 kg K₂O ha⁻¹). O tratamento T₄ (efeito residual da adubação média + 50 kg N ha⁻¹, 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 40 kg K₂O ha⁻¹) não foi diferente significativamente em comparação com o tratamento T₇; enquanto entre os componentes da produção o número de panículas por m² e o peso de 1.000 grãos foram significativamente afetados pelos tratamentos, por outro lado, a acumulação da maioria dos nutrientes na parte aérea e nos grãos foi significativamente afetada pelos tratamentos.

Palavras-chave: acumulação de nutrientes, *Oryza sativa*, propriedades químicas do solo

RESPONSE OF IRRIGATED RICE TO RESIDUAL FERTILIZATION AND TO APPLIED LEVELS OF FERTILIZERS IN LOWLAND SOIL

ABSTRACT

Information on the residual effect of fertilization is scarce for irrigated rice produced in lowland soils in Brazil. A field experiment was conducted during three consecutive years to evaluate the effects of residual and band applied fertilizers on irrigated rice yield in a Low Humic Gley Soil (Inceptisol). Mean dry matter and grain yield were significantly affected with applied fertilizer treatments, which did not happen for residual fertilizer treatments. Maximum dry matter and grain yield were produced under treatment which consisted of residual effect of medium soil fertility level plus green manure + 75 kg N ha⁻¹, 90 kg P₂O₅ ha⁻¹, and 60 kg K₂O ha⁻¹ (T₇). The treatment of residual effect of medium soil fertility level plus 50 kg N ha⁻¹, 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ and 40 kg K₂O ha⁻¹ (T₄) did not show significant differences in comparison to T₇ treatment. Number of panicles m⁻² and 1000 grains weight were the yield components which were significantly affected with fertilizer treatments. Accumulation of almost all the nutrients in the dry matter and grain were significantly affected with fertilizer treatments.

Key words: nutrient accumulation, *Oryza sativa*, soil chemical properties

INTRODUÇÃO

A agricultura moderna exige o uso de fertilizantes e corretivos em quantidades suficientes para aumentar a produtividade e, ao mesmo tempo, manter a fertilidade do solo (van Raij, 1991; Fageria, 1992). Existem, no Brasil, cerca de 30 milhões de hectares de várzea e sua maioria ainda não foi utilizada (Fageria, 1999b). Em solo de várzea, foi comparada a importância relativa dos nutrientes N, P e K, na produção de arroz irrigado (Fageria, 1999a). Com base nesses dados, conclui-se que o N é mais limitante para a produção de arroz, seguido do P e do K. Para se obter alta produção nesses solos é necessário corrigir-se a deficiência nutricional e, no manejo adequado de sua fertilidade, o efeito residual da adubação é importante, principalmente de nutrientes imóveis como P e K. Fageria et al. (1999) definiram o efeito residual do fósforo e do potássio como a quantidade desses nutrientes disponível para a cultura sucessiva ou a resposta desta cultura a nível de P e K aplicados. O efeito residual depende do tipo do solo, da quantidade de nutrientes aplicados e da produtividade.

O uso racional da adubação não somente aumenta a produtividade das culturas como, também, diminui o custo de produção e os riscos de poluição ambiental. Neste sentido, a avaliação do efeito residual da adubação é fundamental para o manejo da fertilidade do solo na produção de culturas anuais, como o arroz irrigado. São escassas as informações sobre este assunto; por este motivo, foi conduzido um experimento de campo, com o objetivo de se avaliar o efeito residual e de níveis de adubação aplicados no sulco de plantio sobre a produção de arroz irrigado, em solo de várzea. O conhecimento do efeito residual da adubação é de grande importância, considerando-se a necessidade de racionalizar o uso de fertilizantes e de aumentar a eficiência nutricional da cultura de arroz irrigado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Palmatal, da Embrapa Arroz e Feijão, localizada no município de Goianira, GO, durante três anos consecutivos. O solo da área experimental é classificado como Gleia Pouco Húmico (Inceptissolo) de várzea e sua análise química apresentou as seguintes características: pH em água 4,8 (1:2,5); M.O. 14 g kg⁻¹; P 16,5 mg kg⁻¹; K 80 mg kg⁻¹; Ca 1,9 cmol_c kg⁻¹; Mg 0,9 cmol_c kg⁻¹; Al 3 cmol_c kg⁻¹; Cu 7,5 mg kg⁻¹; Zn 3,4 mg kg⁻¹; Fe 820 mg kg⁻¹ e Mn 32 mg kg⁻¹ de solo. Os P, K, Zn, Cu, Fe e Mn, foram extraídos pelo extrator Mehlich 1 (0,05 M HCl + 0,0125 M H₂SO₄), os Ca, Mg e Al o foram com solução de KCl 1M. Na solução extraída, o P foi determinado por colorimetria, o K por fotometria de chama e os Cu, Zn, Fe e Mn por absorção atômica. O Ca e o Mg na solução extraída foram determinados por titulação com EDTA e o Al por titulação com NaOH. A matéria orgânica foi determinada pelo método de Walkley-Black e a metodologia de análise está descrita no Manual de Métodos de Análise do Solo da Embrapa (1997).

Anteriormente à instalação do experimento foi realizado, na mesma área, estudo com arroz e feijão em rotação, por três anos consecutivos. O primeiro cultivo foi de arroz, com três níveis de adubação: 1) testemunha (sem adubação- fertilidade natural do solo); 2) 100 kg N ha⁻¹, 100 kg P₂O₅ ha⁻¹, 60 kg K₂O ha⁻¹, 40 kg FTE-BR-12 ha⁻¹ (nível médio de adubação); 3) 200 kg N ha⁻¹,

200 kg P₂O₅ ha⁻¹, 120 kg K₂O ha⁻¹, 80 kg FTE-BR-12 ha⁻¹ (nível alto de adubação); 4) 28 t ha⁻¹ de massa fresca de feijão guandu (*Cajanus cajan* L.). Este adubo verde foi incorporado ao solo por ocasião da colheita da primeira safra de arroz.

Na cultura do feijoeiro produzido no inverno com irrigação suplementar nas mesmas parcelas de arroz, a adubação consistiu em: 1) testemunha (sem adubação-fertilidade natural do solo); 2) 35 kg N ha⁻¹, 120 kg P₂O₅ ha⁻¹, 60 kg K₂O ha⁻¹, 40 kg FTE-BR-12 ha⁻¹ (nível médio de adubação); 3) 70 kg N ha⁻¹, 240 kg P₂O₅ ha⁻¹, 120 kg K₂O ha⁻¹, 80 kg FTE-BR-12 ha⁻¹ (nível alto de adubação); 4) nível médio de adubação + adubo verde (apenas o residual do cultivo de arroz) em que o tamanho de cada parcela foi de 10 x 5 m. Antes da instalação do experimento, toda a área experimental recebeu calcário para elevar a saturação de base a 70%, considerado valor ótimo para a cultura do feijoeiro; o calcário utilizado possuía as seguintes características: PRNT 74%, CaO 49% e MgO 2,8%. O detalhamento de metodologia pode ser encontrado no trabalho Fageria & Baligar (1996).

Para se avaliar o efeito residual da adubação e da adubação aplicada no sulco de plantio, as parcelas (10 x 5 m) foram divididas ao meio, originando oito parcelas em cada bloco, com dimensões de 5 x 4,5 m, com 0,5 m de espaço entre as parcelas divididas e os tratamentos consistiram em oito níveis de adubação: 1) testemunha, que foi dividida em duas, uma metade ficou como testemunha (T₁) e a outra recebeu 40 kg N ha⁻¹ em cobertura (T₂); 2) adubação média, em que uma metade ficou sem adubação para avaliar o efeito residual (T₃) e a outra recebeu 50 kg N ha⁻¹, 60 kg P₂O₅ ha⁻¹, 40 kg K₂O ha⁻¹ (T₄); 3) adubação alta, uma metade ficou para avaliar o efeito residual (T₅) e outra recebeu 25 kg N ha⁻¹, 30 kg P₂O₅ ha⁻¹, 20 kg K₂O ha⁻¹ (T₆); 4) fertilidade média mais adubo verde, sendo que uma metade recebeu 75 kg N ha⁻¹, 90 kg P₂O₅ ha⁻¹, 60 kg K₂O ha⁻¹ (T₇) e a outra 100 kg N ha⁻¹, 120 kg P₂O₅ ha⁻¹, 80 kg K₂O ha⁻¹ (T₈).

O delineamento experimental usado foi de blocos casualizados, com quatro repetições; o nitrogênio, o fósforo e o potássio foram aplicados na forma de sulfato de amônio, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente.

Todas as adubações foram aplicadas no sulco de plantio, por ocasião da semeadura, em todos os anos de cultivo, com a exceção do N, que foi parcelado. Nos tratamentos T₂, T₄ e T₆ metade do N foi aplicado no plantio, e o restante 42 dias após; nos tratamentos T₇ e T₈, um terço do N foi aplicado no plantio, um terço 42 dias após, e o restante na diferenciação do primórdio floral.

Utilizou-se a cultivar de arroz Metica 1, semeada em espaçamento de 20 cm entre linhas, numa densidade de 100 sementes por metro. Colheram-se as linhas centrais de cada parcela, deixando-se 0,5 m nas extremidades e 1 m nas laterais, como bordadura, resultando em uma área útil para cada parcela de 3 x 3,5 m (10,5 m²); na época da colheita, colheram-se plantas em 1 m de extensão na fileira em cada parcela, para determinar a produção de matéria seca e realizar a análise química. Para determinação dos teores de nutrientes, as plantas foram secadas em estufa a 70°C, moídas e digeridas com mistura de ácido nítrico e perclórico 2:1; o N foi determinado pelo método de Kjeldahl, o P colorimetricamente, e os demais nutrientes por absorção atômica. Após a determinação da produção de grãos, foram feitas amostragens de grãos para análise química, utilizando-se a mesma metodologia de análise da parte aérea; a metodologia

Tabela 1. Produção de matéria seca da parte aérea e de grãos de arroz irrigado, sob diferentes níveis de adubação¹

Tratamentos ²	1º ano		2º ano		3º ano		Média da Matéria Seca	Média de Grãos
	M.S. ¹	Grãos	M.S.	Grãos	M.S.	Grãos		
	kg ha ⁻¹							
T ₁	2888cd	2887cd	5071	5087	6105bc	4178	4688ab	4050c
T ₂	4234abc	4374b	5465	5855	7240ab	4689	5646ab	4972abc
T ₃	2554d	2710d	5350	5548	4986c	4164	4297b	4141c
T ₄	5343a	4911ab	5886	6486	7093abc	4629	6107a	5342ab
T ₅	2588d	2801d	5255	5294	6901abc	3954	4915ab	4016c
T ₆	3686bcd	4086bc	5718	6001	7118ab	4199	5507ab	4762abc
T ₇	5128ab	6045a	5476	6355	7875ab	4395	6160a	5598a
T ₈	2411d	2806d	6189	6084	8518a	4796	5706ab	4562bc
Teste F (Trat)	**	**	ns	ns	**	*	**	**
Teste F (ano)							**	**
Teste F (TxA)							**	**
C.V.%	19	13	23	14	13	8	16	11

*, **, ns = significativo a 5% e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente

¹ Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. M. S. - Matéria seca

² T₁ = Testemunha, T₂ = 40 kg N ha⁻¹ em cobertura, T₃ = Efeito residual da adubação média, T₄ = Efeito residual da adubação média + 50 kg N ha⁻¹, 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 40 kg K₂O ha⁻¹, T₅ = Efeito residual da adubação alta, T₆ = Efeito residual da adubação alta + 25 kg N ha⁻¹, 30 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 20 kg K₂O ha⁻¹, T₇ = Efeito residual da adubação média + efeito residual da adubação verde + 75 kg N ha⁻¹, 90 kg P₂O₅ ha⁻¹, 60 kg K₂O ha⁻¹ e T₈ = Efeito residual da adubação média + efeito residual da adubação verde + 100 kg N ha⁻¹, 120 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 80 kg K₂O ha⁻¹

utilizada para as análises químicas das plantas foi descrita por Moraes & Rabelo (1986).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey, a nível de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de matéria seca e de grãos de arroz foi influenciada significativamente pelos níveis de adubação no sulco de semeadura, com exceção para o segundo ano de cultivo, onde não houve efeito dos tratamentos (Tabela 1). Na análise conjunta dos três anos, constataram-se diferenças significativas para os tratamentos, anos de cultivo e interação tratamentos x anos.

Considerando-se as médias dos três anos agrícolas, as maiores produções de matéria seca e de grãos foram obtidas nos tratamentos T₄ e T₇, o efeito residual da adubação média mais 50 kg N ha⁻¹, 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 40 kg K₂O ha⁻¹ (T₄) e adubo verde mais a aplicação de 75, 90 e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O (T₇), respectivamente. Em solos de várzea intensivamente cultivados, a importância da adubação para a cultura de arroz irrigado tem sido relatada por vários autores (Fageria et al., 1990; Fageria & Baligar, 1996; Fageria & Santos, 1998). A interação entre os níveis de adubação e anos de cultivo indica que a produção de matéria seca e de grãos variou de ano para ano e esse tipo de interação é comum em ensaios de adubação, devido à variação em fatores ambientais (Fageria, 1992). A produção máxima de matéria seca e de grãos foi obtida no segundo ano de cultivo, enquanto no terceiro ano houve efeito (P < 0,05) da adubação sobre a produção de grãos pelo teste F, embora com o teste de Tukey não tenham sido detectadas diferenças significativas, embora no terceiro ano tenha havido diminuição na produção de grãos em relação ao segundo ano de cultivo. A média dos tratamentos mostrou que, no primeiro ano, a produção de grãos foi de 3.828 kg ha⁻¹, no segundo ano de 5.839 kg ha⁻¹ e no terceiro ano de 4.376 kg ha⁻¹. No primeiro ano, a produção média de matéria seca foi de 3.604 kg ha⁻¹, no segundo ano de 5.551 kg ha⁻¹ e no terceiro ano de 6.980 kg ha⁻¹. O aumento de produção de grãos e de matéria seca nos segundo e terceiro anos de cultivo, em comparação com o primeiro ano, pode estar relacionado à incorporação de restos

culturais dos cultivos anteriores. A diminuição da produção de grãos no terceiro ano ocorreu devido ao ataque de brusone das panículas e conseqüente aumento da esterilidade de espiguetas.

A produção mínima de grãos foi obtida com os tratamentos T₁ (testemunha), T₃ (efeito residual do nível médio de adubação) e T₅ (efeito residual de nível alto de adubação) significando que, em solo de várzea, o efeito residual da adubação não beneficiou significativamente a produção de grãos de arroz. O produtor brasileiro usa, em média, 50 kg N ha⁻¹, 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 40 kg K₂O ha⁻¹ no cultivo de arroz irrigado e, com esta adubação, a produção média nacional da cultura se aproxima de 4.500 kg ha⁻¹; entretanto, os resultados deste trabalho mostram que, com o aumento da adubação em 25 kg N ha⁻¹, 30 kg P₂O₅ ha⁻¹, 20 kg K₂O ha⁻¹, em relação ao tradicionalmente usado pelos produtores, é possível aumentar a produtividade da cultura, em aproximadamente 22%.

Os dados dos componentes da produção são apresentados nas Tabelas 2 e 3. Houve interação significativa (P < 0,05) entre

Tabela 2. Componentes da produção de arroz irrigado sob diferentes tratamentos de adubação¹

Tratamentos	Nº de Panículas (m ²)	Comprimento da Panícula (cm)	Peso da Panícula (g)
T ₁	336b	20,75	1,86
T ₂	368ab	21,08	1,91
T ₃	347b	21,08	1,89
T ₄	416a	21,25	2,04
T ₅	368ab	21,25	1,99
T ₆	390ab	21,08	1,96
T ₇	396ab	20,92	2,10
T ₈	355ab	21,00	1,93
Teste F (T)	**	ns	ns
Teste F (Ano)	**	**	**
Teste F(T x A)	ns	ns	ns
C.V.%	14	3	15

**, ns = significativo a 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente

¹ Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Os valores são média de três anos

² T₁ = Testemunha, T₂ = 40 kg N ha⁻¹ em cobertura, T₃ = Efeito residual da adubação média, T₄ = Efeito residual da adubação média + 50 kg N ha⁻¹, 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 40 kg K₂O ha⁻¹, T₅ = Efeito residual da adubação alta, T₆ = Efeito residual da adubação alta + 25 kg N ha⁻¹, 30 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 20 kg K₂O ha⁻¹, T₇ = Efeito residual da adubação média + efeito residual da adubação verde + 75 kg N ha⁻¹, 90 kg P₂O₅ ha⁻¹, 60 kg K₂O ha⁻¹ e T₈ = Efeito residual da adubação média + efeito residual da adubação verde + 100 kg N ha⁻¹, 120 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 80 kg K₂O ha⁻¹

Tabela 3. Peso de 1000 grãos e esterilidade de espiguetas sob diferentes tratamentos de adubação¹

Tratamentos ²	1 ^o ano		2 ^o ano		3 ^o ano		Média	
	Peso de 1000 Grãos (g)	Esterilidade de Espiguetas (%)	Peso de 1000 Grãos (g)	Esterilidade de Espiguetas (%)	Peso de 1000 Grãos (g)	Esterilidade de Espiguetas (%)	Peso de 1000 Grãos (g)	Esterilidade de Espiguetas (%)
T ₁	25,85	25	25,65	30ab	22,95bc	45	24,82b	33
T ₂	25,80	30	26,35	29ab	22,55c	44	24,90ab	34
T ₃	25,55	28	25,80	34a	23,93abc	44	25,12ab	35
T ₄	25,73	34	26,30	30ab	23,45abc	42	25,16ab	35
T ₅	25,60	27	26,55	34a	23,68abc	42	25,28ab	34
T ₆	25,75	30	26,40	32ab	24,18ab	43	25,44ab	35
T ₇	26,90	22	26,40	27ab	24,73a	45	26,01a	31
T ₈	25,25	32	26,85	21b	23,60abc	41	25,23ab	31
Teste F(T)	ns	Ns	ns	*	**	ns	**	ns
Teste F(Ano)							**	**
Teste F(T x A)							*	*
C.V.%	3	23	3	17	3	12	3	14

*, **, ns = significativo a 5 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente

¹ Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

² T₁ = Testemunha, T₂ = 40 kg N ha⁻¹ em cobertura, T₃ = Efeito residual da adubação média, T₄ = Efeito residual da adubação média + 50 kg N ha⁻¹, 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 40 kg K₂O ha⁻¹, T₅ = Efeito residual da adubação alta, T₆ = Efeito residual da adubação alta + 25 kg N ha⁻¹, 30 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 20 kg K₂O ha⁻¹, T₇ = Efeito residual da adubação média + efeito residual da adubação verde + 75 kg N ha⁻¹, 90 kg P₂O₅ ha⁻¹, 60 kg K₂O ha⁻¹ e T₈ = Efeito residual da adubação média + efeito residual da adubação verde + 100 kg N ha⁻¹, 120 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 80 kg K₂O ha⁻¹

níveis de adubação e ano de cultivo para os parâmetros de peso de 1000 grãos e esterilidade de espiguetas, razão por que os dados referentes esses componentes são apresentados para cada ano agrícola (Tabela 3). Entre os componentes da produção, o número de panículas por m² e o peso de 1000 grãos (média de três anos) foram significativamente influenciados pelos níveis de adubação, enquanto os maiores números de panícula por m² foram obtidos nos tratamentos T₄ (efeito residual a nível médio de adubação + adubação verde + 50 kg N ha⁻¹, 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 40 kg K₂O ha⁻¹) e T₇ (efeito residual a nível médio de adubação média + 75 kg N ha⁻¹, 90 kg P₂O₅ ha⁻¹, e 60 kg K₂O ha⁻¹); as maiores produções de grãos também foram obtidas nesses tratamentos, ressaltando-se que o número de panículas em T₄ e T₇ aumentou em 24 e 18%, respectivamente, em comparação com a testemunha (T₁); outro componente da produção influenciado significativamente pelos níveis de adubação foi o peso de 1000 grãos, indicando que o aumento na produção de grãos, devido à adubação, está associado a esses dois componentes.

Os componentes de produção número de panículas m⁻² (r = 0,54**), peso de grãos por panícula (r = 0,54**) e peso de 1000 grãos (r = 0,35**) correlacionaram-se positiva e significativamente, com a produção de grãos, conforme Tabela 4. Tais resultados indicam possibilidade de se incrementar o número de panículas por unidade de área com a adubação e, conseqüentemente, de aumentar a produtividade do arroz irrigado em solo de várzea. Vários trabalhos mostram que o número de panículas correlaciona-se positivamente com a produção de grãos na cultura de arroz (Yoshida, 1981; Gravois

& Helms, 1992; Hasegawa et al., 1994); a cobertura com 40 kg N ha⁻¹ aumentou o número de panículas em 10% em comparação com a testemunha, enquanto o aumento média da produção de grãos foi de 21% e o número de panículas por unidade de área possui relação positiva com a nutrição nitrogenada na cultura de arroz irrigado (Yoshida, 1981). A esterilidade de grãos também influencia a produtividade de grãos, ressaltando-se que nos primeiro e segundo anos, a esterilidade de espiguetas foi mínima sob o tratamento T₇, mas apresentou correlação negativa e significativa em relação ao comprimento de panícula (r = -0,45**), peso de 1000 grãos (r = -0,971**) e peso de grãos por panícula (r = -0,42**).

Na Tabela 5 são apresentados os valores médios de acumulação de nutrientes na parte aérea e nos grãos. Na parte aérea, a acumulação de nutrientes decresceu na seguinte ordem: K > N > Ca > P > Mg, para os macronutrientes e Mn > Fe > Zn > Cu, para os micronutrientes, porém nos grãos a acumulação decresceu na seguinte ordem: N > K > P > Mg > Ca, entre os macronutrientes, e Fe > Mn > Zn > Cu, entre os micronutrientes. Fageria & Baligar (1996) obtiveram seqüências semelhantes de acumulação de macro e de micronutrientes na parte aérea e nos grãos na cultura de arroz irrigado. Para produzir 5.500 kg ha⁻¹ de grãos, a cultura de arroz irrigado acumula em média, na parte aérea e nos grãos, 100 kg N ha⁻¹, 23 kg P ha⁻¹, 144 kg K ha⁻¹, 18 kg Ca ha⁻¹, 14 kg Mg ha⁻¹, 339 g Zn ha⁻¹, 104 g Cu ha⁻¹, 1.757 g Fe ha⁻¹ e 2.570 g Mn ha⁻¹.

Em relação à distribuição de nutrientes na parte aérea e nos grãos de arroz, em média 55% do N, 63% do P, 13% do K, 11% do Ca, 50% do Mg, 34% do Zn, 90% do Cu, 42% do Fe e 10% do Mn

Tabela 4. Coeficiente de correlação entre produção de matéria seca, produção de grãos e componentes de produção

Variável	1	2	3	4	5	6
1. Produção de matéria seca da parte aérea						
2. Produção de grãos	0,47**					
3. N ^o de panículas (m ⁻²)	0,50**	0,79**				
4. Comprimento da panícula	-0,34**	0,15 ^{ns}	0,06 ^{ns}			
5. Peso de 1000 grãos	-0,35**	0,35**	0,12 ^{ns}	0,59**		
6. Peso de grão por panícula	0,07 ^{ns}	0,54**	0,33**	0,55**	0,61**	
7. Esterilidade de espiguetas	0,43**	-0,19 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,45**	-0,971**	-0,42**

*, **, ns = significativo a 5% e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente

Tabela 5. Acumulação de nutrientes na parte aérea e nos grãos de arroz irrigado sob diferentes tratamentos de adubação¹

Tratamentos ²	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn
	kg ha ⁻¹				g ha ⁻¹				
Parte aérea									
T ₁	37	8,8ab	93ab	11ab	5,3bc	189	9,5b	776a	2119
T ₂	47	8,2ab	106ab	12ab	6,5ab	214	9,5b	969a	2199
T ₃	34	5,6b	85b	10b	4,7c	168	5,7c	846a	2054
T ₄	45	8,9a	119ab	15ab	7,3a	215	9,5b	124ab	2715
T ₅	42	7,1ab	96ab	13ab	5,3bc	200	8,9bc	977a	2158
T ₆	41	7,8ab	114ab	13ab	6,3abc	218	8,6bc	1002a	2119
T ₇	45	9,1a	127a	16a	6,9ab	223	13,2a	1030a	2301
T ₈	48	7,1ab	111ab	14ab	5,9abc	203	7,7bc	1053a	2108
Teste F(T)	*	**	**	**	**	ns	**	ns	*
Teste F(Ano)	**	**	**	**	**	**	*	**	**
Teste F(TxA)	ns	**	ns	*	**	ns	*	ns	**
C.V.%	19	23	24	23	17	22	42	43	21
Grãos									
T ₁	46b	11,6bc	14,4c	1,7	5,5c	97bc	70bcd	619	251ab
T ₂	50ab	15,5a	18,6ab	1,8	7,2a	131a	86abcd	727	305a
T ₃	47ab	11,5bc	13,9c	1,3	5,3c	90c	64cd	802	223ab
T ₄	56ab	14,3ab	19,2a	1,7	6,9ab	126a	109a	798	288ab
T ₅	45b	10,8c	14,4bc	1,3	5,2c	92bc	61d	750	230ab
T ₆	50ab	13,2abc	16,7abc	1,4	5,9bc	108abc	88abc	697	219ab
T ₇	55ab	13,9ab	16,9abc	1,7	6,8ab	116ab	91ab	727	269ab
T ₈	59a	12,1bc	14,2c	1,5	5,4c	94bc	70bcd	640	208b
Teste F(T)	**	**	**	**	**	**	**	ns	**
Teste F(Ano)	**	**	ns	**	**	**	**	ns	**
Teste F(TxA)	**	**	**	**	**	**	**	ns	**
C.V.%	13	16	16	18	14	14	23	36	19

*, ** = significativo a 5% e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente

¹ Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Os valores são médias de três anos

² T₁ = Testemunha, T₂ = 40 kg N ha⁻¹ em cobertura, T₃ = Efeito residual da adubação média, T₄ = Efeito residual da adubação média + 50 kg N ha⁻¹, 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 40 kg K₂O ha⁻¹, T₅ = Efeito residual da adubação alta, T₆ = Efeito residual da adubação alta + 25 kg N ha⁻¹, 30 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 20 kg K₂O ha⁻¹, T₇ = Efeito residual da adubação média + efeito residual da adubação verde + 75 kg N ha⁻¹, 90 kg P₂O₅ ha⁻¹, 60 kg K₂O ha⁻¹ e T₈ = Efeito residual da adubação média + efeito residual da adubação verde + 100 kg N ha⁻¹, 120 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 80 kg K₂O ha⁻¹

foram acumulados nos grãos, e o restante na parte aérea. Fageria et al. (1997) relataram as distribuições de macro e micronutrientes nas mesmas proporções na parte aérea e nos grãos, em cultivo de arroz irrigado em solo de várzea.

CONCLUSÕES

1. A aplicação de adubo no sulco de plantio aumenta significativamente a produção de matéria seca e de grãos do arroz irrigado.

2. A produção máxima de grãos é obtida com o tratamento de efeito residual de adubação média mais adubo verde + 75 kg N ha⁻¹, 90 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 60 kg K₂O ha⁻¹.

3. As produtividades dos tratamentos que não recebem adubação no sulco de plantio não diferem da testemunha.

4. Entre os componentes da produção, o número de panículas por m² foi o que apresentou maior coeficiente de correlação com as produções de matéria seca da parte aérea e de grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro). Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FAGERIA, N.K. Maximizing crop yields. New York: Marcel Dekker, 1992. 274p.
- FAGERIA, N.K. Nutrição mineral. In: Vieira, N.R.A.; Santos A.B. dos; Santana, E.P. (eds.) A cultura do arroz no Brasil. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antonio de Goiás, GO, 1999a. p.172-196.
- FAGERIA, N. K. Adubação e calagem. In: Vieira, N.R.A.; Santos, A.B. dos; Santana, E.P. (eds.) A cultura do arroz no Brasil. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antonio de Goiás, GO, 1999b. p.329-353.
- FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. Response of lowland rice and common bean grown in rotation to soil fertility levels on a varzea soil. Fertilizer Research, Dordrecht, v.45, p.13-20, 1996.
- FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; WRIGHT, R.J.; CARVALHO, J.R. Lowland rice response to potassium fertilization and its effect on N and P uptake. Fertilizer Research, Dordrecht, v.21, p.157-162, 1990.
- FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P.; ZIMMERMANN, F.J.P. Caracterização química e granulométrica de solos de várzea de alguns Estados brasileiros. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.29, n.2, p.267-274, 1994.
- FAGERIA, N.K.; FERREIRA, E.; PRABHU, A.S.; BARBOSA FILHO, M.P.; FILIPPI, M.C. Seja o doutor do seu arroz. Piracicaba: Potafós, 1995. 20p. Potafós. Arquivo do Agrônomo, 9.
- FAGERIA, N.K.; SANTOS, A.B. dos. Adubação fosfatada para o feijoeiro em solo de várzea. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.2, n.2, p.124-127, 1998.
- FAGERIA, N.K.; SANTOS, A. B. dos; BALIGAR, V.C. Phosphorus soil test calibration for lowland rice on an Inceptisol. Agronomy Journal, Madison, v.89, n.5, p.737-742, 1997.

- FAGERIA, N.K.; STONE, L.F.; SANTOS, A.B. dos. Maximização da eficiência de produção das culturas. EMBRAPA, Brasília, DF, 1999. 294p.
- FAGERIA, N.K.; WRIGHT, R.J.; BALIGAR, V.C.; SOUSA, C.M. de. Characterization of physical and chemical properties of varzea soils of Goiás State of Brazil. *Communication in Soil Science and Plant analysis*, New York, v.22, n.15, p.1631-1646, 1991.
- GRAVOIS, K.A.; HELMS, R.S. Path analysis of rice yield and yield components as affected by seeding rate. *Agronomy Journal*, Madison, v.84, n.1, p.1-4, 1992.
- HASEGAWA, T.; KORODA, Y.; SELIGMAN, G.; HORIE, T. Response of spikelet number to plant nitrogen concentration and dry weight in paddy rice. *Agronomy Journal*, Madison, v.86, n.4, p.673-676, 1994.
- MORAES, J.F.V; RABELO, N.A. Um método simples para a digestão de amostras de plantas. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1986. 12p. EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 12
- van RAIJ, B. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Ceres, 1991. 343p.
- YOSHIDA, S. Fundamentals of rice crop science. Los Baños: IRRI, 1981. 269p.