

Absorção, exportação e eficiência de utilização de nutrientes pela cultura do arroz de terras altas em função de lâminas de água aplicadas por aspersão

Carlos Alexandre Costa Crusciol^{1*}, Orivaldo Arf², Rogério Peres Soratto¹, Marcelo Andreotti³, Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues⁴

¹Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Unesp, Campus Botucatu, Fazenda Experimental Lageado, C.P. 237, 18603-970, Botucatu, São Paulo, Brasil. ²Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, Faculdade de Engenharia-Unesp, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. ³Departamento Agronomia, Centro de Ciências Agrárias/Unioeste, Rua Pernambuco, 1777, 85960-000, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. ⁴Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia-Unesp, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: crusciol@fca.unesp.br

RESUMO. Foi instalado um experimento em condições de campo com o objetivo de estudar o efeito de lâminas de água sobre a produção de matéria seca, absorção, utilização e exportação de macronutrientes pelo arroz de terras altas cv. Caiapó. As lâminas de água utilizadas foram: precipitação pluvial natural e quatro lâminas fornecidas através da irrigação por aspersão. A lâmina 2 (L₂) foi baseada no coeficiente de cultura (Kc) do arroz no sistema de sequeiro. As demais lâminas L₁ e L₃ foram definidas com base em 0,5 e 1,5 vezes os valores de Kc utilizados na lâmina 2, respectivamente, e na lâmina 4 foi adotado Kc=1,95 durante todo o ciclo da cultura. Constatou-se maior extração de nutrientes proporcionada pela lâmina (L₄), porém o mesmo não foi verificado quanto à exportação, ou seja, não ocorreu translocação para os grãos na mesma proporção. A lâmina de água L₂ proporcionou maior produtividade de grãos e eficiência de utilização de nutrientes. Em média a cv. Caiapó apresentou eficiência de utilização dos nutrientes para produção de grãos da seguinte ordem: S>P>Mg>Ca>K>N.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, níveis de irrigação, macronutrientes.

ABSTRACT. Nutrient uptake, exportation and use efficiency of upland rice in function of sprinkler irrigation levels. A field experiment was carried out on a Typical Haplustox, in Selvíria, MS, Brazil, to evaluate the effects of water levels applied through sprinkler irrigation on plant dry matter, macronutrients uptake at flowering, exportation and nutrient use efficiency of dry land rice, cv. *Caiapó*. The water levels used were: natural rain and four water levels supplied by sprinkler irrigation. Irrigation levels were based on crop coefficient (Kc) for dry land rice that resulted in water level 2 (L₂). Water levels L₁ and L₃ were defined as 0.5 and 1.5 Kcs used in L₂, respectively, and Kc=1.95 was used on water level 4 (L₄) during all plant cycle. The water level 4 (L₄) promoted greater nutrient uptake, however the same was not verified in relation to the exportation, because there was not translocation for the grains in the same proportion. The greatest grain yield and nutrient use efficiency was obtained under water level 2 (L₂). Efficiency of absorbed nutrients for grain production, showed for the cv. *Caiapó*, followed the decreasing order: S>P>Mg>Ca>K>N.

Key words: *Oryza sativa*, irrigation rates, macronutrients.

Introdução

O arroz fornece cerca de 21% das calorias ingeridas pela humanidade, sendo assim, um alimento básico para mais da metade da população mundial (Fageria *et al.*, 1997). No entanto, no Brasil, a produtividade da cultura no sistema de sequeiro é baixa e inconstante de ano para ano, devido, principalmente, à ocorrência de veranicos, caracterizados por períodos curtos de estiagem que

ocorrem em grande parte das áreas de cultivo. Outro fator que contribui para a baixa produtividade é a utilização da cultura na região dos cerrados, muitas vezes, logo após a abertura de novas áreas, onde, geralmente, os solos apresentam baixa fertilidade natural e elevada acidez (Goedert, 1989; Fageria e Souza, 1995).

Além da produtividade de grãos, a deficiência hídrica reduz a produção de matéria seca total (Stone *et al.*, 1984a; Campelo Júnior, 1985; Stone, 1985;

Stone *et al.*, 1986; Carvalho Júnior, 1987; Tanguilig *et al.*, 1987; Dabney e Hoff, 1989; Castilho *et al.*, 1992; Prasertsak e Fukai, 1997), a absorção de nutrientes (Ponnamperuma, 1975; Stone, 1985; Carvalho Júnior, 1987), tais como nitrogênio (Stone *et al.*, 1984b; Tanguilig *et al.*, 1987; Castilho *et al.*, 1992; Prasertsak e Fukai, 1997), fósforo (Stone, 1985; Tanguilig *et al.*, 1987) e potássio (Stone, 1985; Tanguilig *et al.*, 1987), a exportação de macro e micronutrientes (Carvalho Júnior, 1987).

Uma das alternativas para solucionar o problema dos veranicos é o uso da irrigação por aspersão, que, além de minimizar o risco de perda da lavoura, aumenta a produtividade, estimulando dessa forma o agricultor a investir em tecnologia, como maior nível de adubação (Arf *et al.*, 2000, Crusciol *et al.*, 2000).

Em condições de adequada disponibilidade hídrica, o uso do fósforo determina expressivos aumentos na produtividade de grãos, quando comparados com uma situação de deficiência hídrica (Barbosa Filho, 1987). Já com relação ao potássio, apesar de juntamente com o nitrogênio serem os nutrientes mais absorvidos pela planta, não se tem verificado resposta à aplicação deste nutriente com tanta frequência como para o fósforo, em termos de aumento de produtividade de grãos. Porém, em solos com baixos teores de potássio ou baixa CTC, após alguns cultivos, haverá uma redução no teor de potássio disponível (Fageria *et al.*, 1997). Com o uso intensivo dos solos e a utilização de cultivares de grande potencial produtivo, as reservas de potássio do solo podem não ser suficientes para manter, por muito tempo, altos níveis de produtividade, havendo necessidade de suprimento de potássio por meio de adubação (Barbosa Filho, 1987). No que diz respeito à adubação nitrogenada na cultura do arroz, as respostas estão condicionadas às características genéticas dos cultivares e às condições climáticas (Fornasier Filho e Fornasier, 1993).

Admitindo-se que a absorção e utilização adequada de nutrientes pelas plantas de arroz estejam condicionada a processos fisiológicos inerentes aos cultivares utilizados (Fageria *et al.*, 1995) e à sua adaptabilidade à disponibilidade de água, faz-se necessário o conhecimento das exigências nutricionais da cultura, nas diversas situações de cultivo, para que se tenha condição mais racional para o estabelecimento de fórmulas e recomendações de adubação (Giudice *et al.*, 1983; Barbosa Filho, 1987).

O objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos de lâminas de água aplicadas por aspersão sobre a produtividade de matéria seca e de grãos, absorção,

utilização e exportação de nutrientes pela cultura de arroz de terras altas, cultivar Caiapó.

Material e métodos

O trabalho de pesquisa foi realizado em área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia - Unesp, campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, apresentando como coordenadas geográficas 51° 22' de longitude Oeste de Greenwich e 20° 22' de latitude Sul, com altitude de 335 metros. O solo do local é do tipo Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso (Embrapa, 1999). A precipitação média anual é de 1.370 mm, a temperatura média anual é de 23,5°C e a umidade relativa do ar está entre 70 e 80% (variação anual).

Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo da área experimental e realizadas as análises químicas, segundo metodologia proposta por Rajj e Quaggio (1983), cujos resultados foram os seguintes: pH(CaCl₂)=5,4; M.O.=26 gdm⁻³; P=24 mg . dm⁻³; K; Ca; Mg, H+Al, SB e CTC = 1,3; 24,0; 15,2; 29,2; 40,5 e 69,7 mmol_c. dm⁻³, respectivamente e V(%)=54.

A capacidade de retenção de água no solo foi determinada utilizando-se uma unidade de sucção segundo Grohmann (1960) na faixa de 0,002 a 0,01 MPa, aparelhos de pressão de placa porosa recomendados por Richards e Fireman (1943), na faixa de 0,033 a 0,101 MPa, e a membrana de Richards (1947), na faixa de 0,101 a 1,52 MPa. A Tabela 1 contém as tensões utilizadas para determinar a curva de retenção de água no solo nas profundidades de 0 - 15 cm e 15 - 30 cm, com seus respectivos conteúdos de água apresentados em porcentagem do peso.

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. O experimento foi constituído de cinco lâminas de água, uma das quais foi a precipitação pluvial natural, ou seja, cultivo sob condições de sequeiro, e as demais fornecidas através de irrigação por aspersão e definidas com base no coeficiente de cultura (Kc). Os Kcs apresentados por Reichardt (1987) para a cultura do arroz de sequeiro, com algumas adaptações, resultaram na lâmina 2 (L2) (Tabela 2). A lâmina 1 (L1) foi definida com base em 50% dos Kcs utilizados na lâmina 2, enquanto a lâmina 3 (L3) foi 1,5 vezes. Já na lâmina 4 (L4), foi utilizado o maior Kc da lâmina 3 (1,95), durante todo o período de irrigação. Cada unidade experimental continha seis fileiras de plantas com 6 m de comprimento espaçadas em 40 cm. Foi considerada como área útil as quatro fileiras centrais, sendo que

0,50 m da extremidade de cada fileira de plantas e as duas fileiras externas consideradas como bordadura.

Tabela 1. Valores de retenção de água do solo da área experimental expressos em porcentagem de massa (%)

Profundidade do solo (cm)	Potencial mátrico (MPa)							
	1,520	0,507	0,101	0,033	0,010	0,006	0,004	0,002
0 a 15	14,58	15,15	16,95	18,51	20,50	26,24	27,78	44,22
15 a 30	16,94	17,88	19,49	20,35	22,55	27,61	31,45	47,80

O cultivar utilizado no experimento foi a Caiapó proveniente do cruzamento múltiplo (IRAT-18 X Beira Campo) X (CNAx104-B-Py-2B X Pérola). Apresenta porte médio (110-130 cm), ciclo médio (128 dias), 95-100 dias da emergência ao florescimento, grãos tipo longo, suscetível à brusone (*Pyricularia oryzae* Cav.) e ao acamamento. É recomendado para solos de baixa fertilidade em situações de abertura de áreas e reforma de pastagens degradadas.

A capacidade de armazenamento de água disponível (CAD) do solo utilizada ficou estabelecida em 14,80 mm. As irrigações foram realizadas toda vez que a evapotranspiração máxima (ETm) da cultura atingiu 8,25 mm, ou seja, 45% da CAD.

A evaporação de água foi obtida diariamente de um Tanque Classe A. O coeficiente do Tanque Classe A (Kp) utilizado foi o proposto por Doorenbos e Pruitt (1976), o qual é função da área circundante, velocidade do vento e umidade relativa do ar.

As irrigações foram realizadas por um sistema de aspersão convencional fixo, com precipitação de 3,3 mm hora⁻¹.

O solo foi preparado através de uma aração e duas gradagens, sendo a primeira gradagem realizada logo após a aração e a segunda, às vésperas da semeadura. A adubação constou da aplicação nos sulcos de semeadura de 12 kg de N, 90 kg P₂O₅ e 30 kg de K₂O ha⁻¹. Também foram aplicados 40 kg ha⁻¹ de FTE BR-12 como fonte de micronutrientes (B = 1,3%; Cu = 0,30%; Fe = 3,0%; Mn = 2,0%; Mo = 0,1%; Zn = 9,0%).

A semeadura foi realizada em 24/11/94, utilizando-se a densidade de 100 sementes viáveis

por metro quadrado. Junto com as sementes, aplicou-se 1,5 kg de i.a. ha⁻¹ de carbofuran 5G visando principalmente o controle de cupins (*Syntermis molestus*, *Procorniterms striatus* e *Cornitermes lespesii*) e lagarta elasmó (*Elasmopalpus lignosellus*). A emergência das plântulas ocorreu em 02/12/94.

O controle de plantas daninhas foi realizado através da utilização de 1 kg de i.a ha⁻¹ do herbicida oxadiazon em pré-emergência, um dia após a semeadura e, 2,4D (0,67 kg de i.a. ha⁻¹), em pós-emergência.

Foi realizada uma coleta de plantas, em 2,0 m de fileira, no momento em que 50% das panículas haviam atingido o florescimento. O material coletado foi secado em estufa a 60°C; em seguida, foi realizada a pesagem e a transformação dos dados em kg ha⁻¹. Posteriormente, realizou-se a moagem do material colhido no qual foi determinado, através de análise química, os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, segundo metodologia descrita por Bataglia *et al.* (1983). De posse desses resultados, foram estimadas as quantidades absorvidas desses nutrientes por área, assim como, a eficiência de utilização de nutrientes em função das lâminas de água aplicadas, através da relação: kg de matéria seca produzido/kg de nutriente extraído (Fageria *et al.*, 1997).

A colheita do arroz foi efetuada manualmente e individualmente por unidade experimental quando os grãos de 2/3 superiores de 50% das panículas se apresentaram duros e os do terço inferior, semi-duros. A seguir, foi realizada a trilha manual, secagem à sombra e a limpeza do material, separando-se a palha e as espiguetas vazias com auxílio de uma peneira, através de abanação manual. Em seguida, determinou-se a massa dos grãos colhidos, e foi calculada a produtividade de grãos por hectare (kg ha⁻¹ (13% base úmida)). Dos grãos colhidos para determinar a produtividade, coletaram-se amostras de 100 gramas de grãos com casca que foram secadas em estufa a 60°C. Posteriormente, realizou-se a moagem desses materiais nos quais foram determinados, através de análise química, os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, segundo metodologia descrita por Bataglia *et al.* (1983).

Tabela 2. Lâminas de água e respectivos Kc (Coeficiente de cultura) utilizados.

Lâminas	E		DF				F				Lâmina irrigação (mm)	Totais de água
	Fase vegetativa		Fase reprodutiva				Fase de maturação					
	P1 ⁽²⁾	P2	P3	P4	P5	P6						
		-30 ⁽³⁾	-19	-11	-3	+5	+12					
Sequeiro ⁽¹⁾												884,6
L1	0,20	0,35	0,50	0,65	0,50	0,35						855,3
L2	0,40	0,70	1,00	1,30	1,00	0,70						897,8
L3	0,60	1,05	1,50	1,95	1,50	1,05						149,5
L4	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95						362,2
												1176,5

E- Emergência; DF- Diferenciação floral; F- Florescimento. ⁽¹⁾Precipitação pluvial natural. ⁽²⁾Período (em dias) de utilização dos coeficientes de cultura de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura e o ciclo da cultivar utilizada. ⁽³⁾Dias em relação ao florescimento (florescimento = 0).

De posse desses resultados, foram estimadas as quantidades exportadas desses nutrientes por área, pelos grãos em casca. Também foi calculada a eficiência de utilização dos nutrientes para a produção de grãos, através da relação kg de grãos produzidos/kg de nutrientes extraída até o florescimento.

Resultados e discussão

Analisando a produtividade de matéria seca de planta (Tabela 3), verifica-se que não houve diferenças entre os tratamentos. No entanto, houve uma tendência de maior produção proporcionada pela lâmina de água (L4). Porém, a média de produtividade de matéria seca de plantas nos tratamentos irrigados (7.717 kg ha^{-1}) foi bem próxima à obtida no tratamento de sequeiro (7.623 kg ha^{-1}), o que indica que os veranicos ocorridos até as plantas atingirem 50% do florescimento não afetaram o metabolismo da cultivar Caiapó, de forma a diminuir a produção de matéria seca. Pois, segundo Stone *et al.* (1984a), Campelo Júnior (1985) e Carvalho Júnior (1987), deficiências hídricas severas reduzem a produtividade de matéria seca da cultura do arroz. Entretanto, a tolerância à deficiência hídrica pode ser considerada uma característica da cultivar Caiapó, já que, segundo Giudice *et al.* (1983), existem diferenças entre cultivares quanto à produtividade de matéria seca, quando submetidos a distintas disponibilidades de água no solo.

Os teores de nutrientes na matéria seca de planta, com exceção do S, não foram afetados significativamente pelos tratamentos (Tabela 3). O tratamento de sequeiro apresentou um teor de S significativamente inferior aos tratamentos irrigados. Apesar da não ocorrência de diferença estatística os teores de N, P e K também se mostraram menores no tratamento de sequeiro, confirmando o relato de que a deficiência hídrica afeta a absorção desses nutrientes (Stone *et al.*, 1984b; Stone, 1985; Tanguilig *et al.*, 1987; Castilho *et al.*, 1992; Prasertsak e Fukai, 1997).

As quantidades de nutrientes extraídas (Tabela 3) foram estatisticamente semelhantes, com exceção do Mg, que apresentou maior valor para a maior lâmina (L4). Constatou-se que a maior extração de nutrientes ocorreu com o emprego da maior lâmina de água (L4), devido em grande parte à maior produção de matéria seca, já que os teores dos nutrientes foram semelhantes aos obtidos nos demais tratamentos. Os macronutrientes exigidos até o florescimento da

cultivar Caiapó obedeceram à seguinte ordem decrescente: N ($116,2 \text{ kg ha}^{-1}$) > K ($107,4 \text{ kg ha}^{-1}$) > Ca ($28,8 \text{ kg ha}^{-1}$) > Mg ($22,1 \text{ kg ha}^{-1}$) > P ($17,4 \text{ kg ha}^{-1}$) > S ($10,3 \text{ kg ha}^{-1}$). Essa seqüência é bastante semelhante à observada por Crusciol (1998), para os cultivares Carajás e IAC 201.

Na Tabela 4, estão apresentados os dados de eficiência de utilização de nutriente. Verifica-se que, com exceção do Ca e do Mg, para todos os outros macronutrientes, o tratamento de sequeiro proporcionou uma maior eficiência de utilização. De modo geral, a cultivar Caiapó apresentou uma eficiência de utilização de nutrientes da seguinte ordem: S>P>Mg>Ca>K>N. No entanto, os resultados de Mg e Ca tiveram ordem inversa em relação aos obtidos por Crusciol *et al.* (1999), para a cultivar IAC 201, em condições de sequeiro, que observaram a seguinte ordem: S>P>Ca>Mg>K>N, e os de K e N diferiram da ordem (P>Mg>Ca>N>K) obtida por Stone e Pereira (1994), em sistema irrigado por aspersão. As diferenças observadas na literatura, quanto à absorção e utilização de nutrientes, estão relacionadas com as diferenças existentes entre os cultivares utilizados (Giudice *et al.*, 1983; Stone, 1985; Fageria *et al.*, 1995, 1997; Crusciol *et al.*, 1999).

Quanto à produtividade de grãos (Tabela 5), essa foi afetada de forma significativa pelos tratamentos. A lâmina 2 proporcionou a maior produtividade de grãos (3.986 kg ha^{-1}) diferindo estatisticamente do tratamento de sequeiro. Analisando os teores de nutrientes nos grãos, verifica-se efeito significativo apenas para P e K. Para o P, o teor foi maior no tratamento com a maior lâmina (L4), e significativamente menor no tratamento com a lâmina de água (L3). Já o teor de K foi significativamente maior nos grãos provenientes do tratamento de sequeiro em relação às lâminas L1, L2 e L3, o que pode ser explicado pelo efeito diluição, já que a produtividade de grãos foi inferior no sistema de sequeiro e os teores de K na matéria seca da parte aérea foram semelhantes entre os tratamentos.

As quantidades de nutrientes exportadas não foram afetadas pelos tratamentos, com exceção do Ca, que foi mais exportado no tratamento L2 ($10,2 \text{ kg ha}^{-1}$), que diferiu apenas do tratamento L3. Os resultados referentes à exportação de nutrientes são reflexos da produção de grãos obtida nestes tratamentos. Dessa forma, foram exportados em média $54,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, $9,1 \text{ kg ha}^{-1}$ de P, $11,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de K, $7,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de Ca, $3,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mg e $3,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de S.

Tabela 3. Produtividade de matéria seca, teores e quantidades de macronutrientes extraídas pela cultura do arroz, cv. Caiapó, sob diferentes lâminas de água. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul

Tratamentos	Matéria Seca (kg ha ⁻¹)	Teores de nutrientes na parte aérea (g kg ⁻¹)						Quantidades extraídas de nutrientes (kg ha ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
Sequeiro	7623	14,6	1,8	11,4	4,0	2,6	1,1 b	110,6	13,9	86,5	30,5	19,8ab	8,5
L ₁	7592	15,1	2,1	14,9	3,7	3,1	1,4a	111,8	15,9	114,8	28,6	23,8ab	10,5
L ₂	6018	15,4	2,7	12,8	4,3	2,6	1,4a	92,5	16,1	76,5	25,5	15,9 b	8,7
L ₃	7625	15,6	2,2	14,6	3,6	2,6	1,3a	116,8	16,7	111,2	27,3	19,1ab	10,2
L ₄	9635	15,5	2,6	15,2	3,3	3,3	1,4a	149,2	24,2	147,8	31,9	31,7a	14,6
Teste F	1,37ns	0,12ns	3,45ns	1,77ns	2,02ns	2,77ns	9,28**	1,48ns	2,88ns	1,49ns	0,29ns	3,83*	1,98ns
CV (%)	14,2	15,9	16,5	17,6	13,91	14,1	6,6	14,3	12,5	21,1	16,2	13,5	13,3

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. **, * e ns são respectivamente, significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F

Tabela 4. Eficiência de utilização de nutrientes (EUN) pela cultura do arroz, cv. Caiapó, para produtividade de matéria seca, sob diferentes lâminas de água. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul

Tratamentos	EUN = kg de matéria seca / kg de nutriente					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Sequeiro	68,9	548,5	88,8	250,0	389,0	899,1
L1	67,7	477,1	70,6	271,4	321,5	717,9
L2	65,9	382,9	78,9	243,8	380,4	693,4
L3	67,3	465,5	70,2	279,5	406,2	751,9
L4	64,7	404,8	70,9	308,0	303,3	710,3
Média	66,9	455,7	75,9	270,6	360,1	754,4

Tabela 5. Produtividade de grãos, teores e quantidades de macronutrientes exportadas pela cultura do arroz, cv. Caiapó, sob diferentes lâminas de água. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul

Tratamentos	Produtividade (kg.ha ⁻¹)	Teores de nutrientes nos grãos (g kg ⁻¹)						Quantidades exportadas de nutrientes (kg ha ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
Sequeiro	2839b	15,5	2,7ab	4,1a	2,2	1,1	0,9	44,1	7,6	11,5	6,3ab	3,0	2,6
L1	3652ab	15,4	2,6ab	3,4b	2,6	0,6	0,8	56,5	9,3	12,3	9,5ab	2,1	3,1
L2	3986a	16,3	2,5ab	3,2b	2,6	0,8	1,1	63,9	9,9	12,6	10,2a	3,2	4,3
L3	3336ab	15,3	2,4b	3,1b	1,5	1,6	0,9	50,6	8,0	10,2	4,9b	5,4	2,9
L4	3645ab	16,0	2,9a	3,5ab	2,1	1,3	1,2	58,3	10,6	12,6	7,5ab	4,7	4,3
Teste F	3,99*	0,35ns	3,69*	8,38**	2,17ns	2,84ns	1,00ns	2,48ns	2,97ns	1,53ns	3,68*	1,83ns	2,24ns
CV (%)	12,4	9,5	8,2	7,8	11,9	15,2	9,8	17,6	16,2	14,0	14,2	24,7	13,6

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. **, * e ns são, respectivamente, significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F

A eficiência de utilização de nutrientes para produção de grãos está apresentada na Tabela 6. Pode-se verificar que a lâmina de água L2 proporcionou maior eficiência de utilização para todos os nutrientes, mostrando que a reposição de água, de acordo com os valores de Kc recomendados por Reichardt (1987), promove uma maior eficiência de utilização de nutrientes pela cultura do arroz. De maneira geral, os tratamentos irrigados proporcionaram maior eficiência de utilização de nutrientes que o tratamento de sequeiro, com exceção da maior lâmina (L4), que apresentou baixa eficiência de utilização de nutrientes, provavelmente pela porcentagem de acamamento que ocorreu nesse tratamento, o que pode ter prejudicado o enchimento dos grãos. Giudice *et al.* (1983) também observaram menor eficiência de utilização de nutrientes pelo arroz quando submetido à restrição hídrica.

Na média dos tratamentos, a cultivar Caiapó apresentou a seguinte ordem de utilização dos nutrientes para produção de grãos:

S>P>Mg>Ca>K>N. Ordem idêntica foi observada por Fageria *et al.* (1995), porém estudando apenas o N, P e K. Já Giudice *et al.* (1983), estudando dois cultivares em três níveis de disponibilidade hídrica, observaram a ordem S>Mg>P>Ca>N>K, que difere da observada no presente trabalho.

Tabela 6. Eficiência de utilização de nutrientes (EUN) pela cultura do arroz cv. Caiapó, para produtividade de grãos, sob diferentes lâminas de água. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul

Tratamentos	EUN = kg de grãos / kg de nutriente					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Sequeiro	25,7	204,2	32,8	93,1	143,7	334,0
L1	32,7	229,6	31,8	127,7	153,4	347,8
L2	43,1	247,6	52,1	156,3	250,7	458,2
L3	28,6	199,8	30,0	122,2	174,7	327,1
L4	24,4	150,6	24,7	114,2	115,0	249,7
Média	30,9	206,4	34,3	122,7	167,5	343,4

Com o uso da maior lâmina ocorreu, de modo geral, maior extração de nutrientes por área que foram utilizados para a produção de matéria seca, até

o florescimento. Entretanto, não ocorreu translocação para os grãos na mesma proporção que a verificada na produção de matéria seca da parte aérea, em decorrência de acamamento de plantas no tratamento que recebeu a maior lâmina de água (L4).

Referências

- ARF, O. *et al.* Influência da época de semeadura no comportamento de cultivares de arroz irrigado por aspersão em Selvíria, MS. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.35, n.10, p.1967-1976, 2000.
- BARBOSA FILHO, M.P. *Nutrição e adubação do arroz (sequeiro e irrigado)*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. (Boletim Técnico, 9).
- BATAGLIA, O.C. *et al.* *Métodos de análises químicas de plantas*. Campinas: Instituto Agronômico, 1983.
- CAMPELO JÚNIOR, J.O. *Avaliação da capacidade de extração de água do solo pelo arroz de sequeiro (Oryza sativa L.) sob diferentes doses de nitrogênio*. 1985. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.
- CARVALHO JÚNIOR, A.G. *Efeito da adubação potássica em cultivares de arroz (Oryza sativa L.) de sequeiro sob déficit hídrico, em solos sob cerrados*. 1987. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1987.
- CASTILHO, E.G. *et al.* Lowland rice yield as affected by timing of water deficit and nitrogen fertilization. *Agron. J.*, Madison, v. 84, p.152-159, 1992.
- CRUSCIOL, C.A.C. *Efeito de lâminas de água e da adubação mineral em dois cultivares de arroz-de-sequeiro sob irrigação por aspersão*. 1998. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.
- CRUSCIOL, C.A.C. *et al.* Matéria seca e absorção de nutrientes em função do espaçamento e da densidade de semeadura em arroz de terra alta. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.56, n.1, p.63-70, 1999.
- CRUSCIOL, C.A.C. *et al.* Produtividade do arroz irrigado por aspersão em função do espaçamento e da densidade de semeadura. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.35, n.6, p.1093-1100, 2000.
- DABNEY, S.M.; HOFF, B.J. Influence of water management on growth and yield of no-till planted rice. *Crop Sci.*, Madison, v.29, p.746-752, 1989.
- DOOREMBOS, J.; PRUITT, W.O. *Las necesidades de agua de los cultivos*. Roma: FAO, 1976. (Estudios FAO: Riego e drenaje, 24).
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos*. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPQ, 1999. 41p.
- FAGERIA, N.K. *et al.* Resposta diferencial de genótipos de arroz de sequeiro à fertilidade do solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v.19, p.261-267, 1995
- FAGERIA, N.K. *et al.* *Growth and mineral nutrition of field crops*. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 1997.
- FAGERIA, N.K.; SOUZA, N.P. Resposta das culturas do arroz e do feijão em sucessão à adubação em solo de cerrado. *Pesq. Agropecu. Bras.* Brasília, v.30, n.3, p.359-368, 1995.
- FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. *Manual da Cultura do arroz*. Jaboticabal: Funep, 1993.
- GIUDICE, R.M. *et al.* Absorção cumulativa de nutrientes minerais em duas variedades de arroz (*Oryza sativa* L.), cultivadas em três diferentes níveis de disponibilidade d'água. Campinas: Fundação Cargill, 1983.
- GOEDERT, W.J. Região do cerrado: potencial agrícola e política para o seu desenvolvimento. *Pesq. Agropecu. Bras.* Brasília, v.24, n.1, p.1-17, 1989.
- GROHMANN, F. Distribuição e tamanho de poros em três tipos de solos do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v. 21, n. 18, p. 285-295, 1960.
- PONNAMPERUMA, F.N. *Growth-limiting factors of aerobic soils*. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, 1975, Proceedings..., Los Baños, 1975. p.40-43.
- PRASERTSAK, A.; FUKAI, S. Nitrogen availability and water stress interaction on rice growth and yield. *Field Crop Res.*, Amsterdam, v.52, p.249-260, 1997.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. *Métodos de análise de solo para fins de fertilidade*. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. (Boletim Técnico, 81).
- REICHARDT, K. Relações solo-água-plantas para algumas culturas. In: REICHARDT, K. *A água em sistemas agrícolas*. São Paulo: Manole, 1987, p.157-71.
- RICHARDS, L.A. Pressure membrane apparatus construction and use. *Agric. Eng.*, Saint Joseph, v.28, p.451-4, 1947.
- RICHARDS, L.A.; FIREMAN, M. Pressure-plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils. *Soil Sci.*, Baltimore, v.56, p.395-404, 1943.
- STONE, L.F. Absorção de P, K, Mg, Ca e S por arroz, influenciada pela deficiência hídrica, vermiculita e cultivar. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.20, n.11, p.1251-1258, 1985.
- STONE, L.F. *et al.* Deficiência hídrica, vermiculita e cultivares. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.19, n.6, p.695-707, 1984a.
- STONE, L.F. *et al.* Produtividade do arroz e absorção de nitrogênio afetadas pelo veranico e pela adição de vermiculita ao solo. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.21, n.2, p.117-25, 1986.
- STONE, L.F. *et al.* Deficiência hídrica, vermiculita e cultivares. II. Efeito na utilização do nitrogênio pelo arroz. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.19, n.11, p.1403-1416, 1984b.
- STONE, L.F.; PEREIRA, A.L. Sucessão arroz-feijão irrigado por aspersão: Efeito do espaçamento entre linhas, adubação e cultivar na produtividade e nutrição do arroz. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.99, n.11, p.1701-1713, 1994.
- TANGUILIG, V.C. *et al.* Water stress effects on leaf elongation, leaf water potential, transpiration, and nutrient uptake of rice, maize, and soybean. *Plant Soil*, Dordrecht, v.103, p.155-168, 1987.

Received on July 01, 2002.

Accepted on August 29, 2002.