

ABSORÇÃO E EXPORTAÇÃO DE MICRONUTRIENTES PELO ARROZ DE TERRAS ALTAS EM FUNÇÃO DE LÂMINAS DE ÁGUA APLICADAS POR ASPERSÃO

Carlos Alexandre Costa Crusciol^{1,3}

Orivaldo Arf^{2,3}

Rogério Peres Soratto¹

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a absorção e exportação de micronutrientes pelo arroz de terras altas, cultivares IAC 201 e Carajás, sob diferentes lâminas de água aplicadas por aspersão, comparado ao sistema de sequeiro, foram instalados experimentos em um Latossolo Vermelho Distrófico, em Selvíria (MS). O delineamento utilizado, nos dois experimentos, foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela precipitação pluvial natural e por quatro lâminas de água fornecidas através da irrigação por aspersão. A lâmina L_2 foi baseada no coeficiente de cultura (K_c) do arroz no sistema de sequeiro. As lâminas L_1 e L_3 foram definidas como 0,5 e 1,5 vezes os K_c s utilizados em L_2 , respectivamente, e na lâmina L_4 foi adotado $K_c=1,95$ durante todo o ciclo da cultura. A irrigação por aspersão proporcionou maior desenvolvimento da planta e a produtividade de grãos com conseqüente acréscimo na extração e exportação de micronutrientes, principalmente, Zn e Mn. Através dos resultados é possível inferir que as recomendações para o sistema de sequeiro podem subestimar a reposição de micronutrientes para o arroz no sistema irrigado por aspersão.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, micronutrientes, acúmulo de nutrientes.

(1) Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Fazenda Experimental Lageado, s/n, CEP 18603-970 - Botucatu, SP.

(2) Faculdade de Engenharia, UNESP - Ilha Solteira, SP.

(3) Bolsista CNPq.

ABSTRACT
MICRONUTRIENTS UPTAKE AND EXPORTATION BY
UPLAND RICE AS AFFECT BY SPRINKLER
IRRIGATION LEVELS

The objective of this study was to evaluate the uptake and micronutrient exportation by rice, cv. IAC 201 and Carajás, under different levels of water, in comparison with upland system. Experiments were set on a Typic Haplustox, in Selvíria, MS, Brazil. The experimental design was randomized blocks and treatments consisted of five water levels: natural rain and four water levels supplied by sprinkler irrigation. Irrigation levels were based on crop coefficient (K_c) for dryland rice that resulted in water level 2 (L2). Water levels L1 and L3 were then defined as 0.5 and 1.5 K_c s used in L2, respectively, and on water level 4 (L4) was used $K_c=1,95$, during all plant cycle. Sprinkler irrigation has increased plant development and grain yield with consequent addition in the micronutrient accumulation and exportation, mainly for Zn and Mn. Through the results is possible to infer than recommendations for upland system can provide an underestimation micronutrients replacement for rice under sprinkler irrigation.

Key words: *Oryza sativa*, micronutrients, nutrient accumulation.

INTRODUÇÃO

A maioria das lavouras de arroz de terras altas, no Brasil, esta localizada na região dos cerrados. Essa região é caracterizada pelo predomínio de solos com baixa fertilidade natural e elevada saturação de alumínio, além do que ocorrem períodos curtos de estiagem, denominados veranicos, que provocam deficiência hídrica à cultura afetando a absorção de nutrientes (Ponnamperuma, 1975). A absorção adequada de nutrientes pelas plantas de arroz está condicionada a processos fisiológicos inerentes aos cultivares utilizados (Fageria *et al.*, 1995) e à sua adaptabilidade à disponibilidade de água.

Para solucionar o problema da deficiência hídrica provocada pelos veranicos, a irrigação por aspersão tem se apresentado como alternativa eficiente, proporcionando uma melhor nutrição e conseqüentemente maior produtividade da cultura do arroz no ecossistema de terras altas

(Arf *et al.*, 2000, Crusciol *et al.*, 2000). Trabalhos desenvolvidos na região do cerrado brasileiro têm confirmado esse incremento na produtividade de grãos com a utilização da irrigação por aspersão, que em determinados anos agrícolas chegou a 2,33 vezes a produção do sistema de sequeiro (Oliveira, 1994; Rodrigues, 1998; Arf *et al.*, 2001; Crusciol, 2001).

Com o aumento da produtividade de grãos, há também uma maior quantidade absorvida e, conseqüentemente, exportada de nutrientes da área (Crusciol *et al.*, 1997a; b). Assim, o esgotamento do solo em termos de nutrientes pode vir a ocorrer, em determinadas situações, com maior rapidez, se as adubações continuarem a serem baseadas nas recomendações para o sistema de sequeiro, principalmente, em solos menos férteis. Vale ressaltar, também, que a utilização dos solos, por muitos anos sem preocupação com a reposição dos micronutrientes, faz com que a deficiência destes possa ser um fator limitante para a produção (Malavolta, 1980).

Atualmente, existem poucas informações sobre as exigências nutricionais do arroz de terras altas no sistema irrigado por aspersão, já que a maioria dos estudos se refere aos sistemas irrigado por inundação e sequeiro. Assim, as recomendações de adubação para a cultura do arroz no Estado de São Paulo constantes no Boletim 100 (RAIJ *et al.*, 1996) são referentes ao sistema de sequeiro e irrigado por inundação, levando em consideração, com relação a adubação com micronutriente apenas o Zn, não havendo recomendações para os demais, o que pode vir a ser um fator limitante em um sistema de produção com elevada exportação dos mesmos, como tem sido verificado no sistema irrigado por aspersão. Dessa forma, o conhecimento das exigências nutricionais da cultura, nas diversas situações de cultivo, pode contribuir para manter a fertilidade de um determinado solo em níveis adequados (Fageria, 1999) e para o estabelecimento de fórmulas e recomendações de adubação mais racionais (Giudice *et al.*, 1983; Barbosa Filho, 1987).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a absorção e exportação de micronutrientes (Fe, Zn, Mn e Cu) pelo arroz de terras altas, cultivares IAC 201 e Carajás, sob diferentes lâminas de água aplicadas por aspersão, comparado ao sistema de sequeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia, Unesp, Campus de Ilha Solteira, localizada no Município de Selvíria, MS, situado a 51° 22' de longitude Oeste e 20° 22' de latitude Sul, com altitude de 335 metros, no ano agrícola de 1995/96. O solo do local é do tipo Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso (Embrapa, 1999). As características químicas foram determinadas antes da instalação do experimento, segundo metodologia proposta por Raij & Quaggio (1983), cujos resultados foram os seguintes: pH(CaCl₂)=5,1; M.O.=23 g dm⁻³; P=26 mg dm⁻³; K; Ca; Mg, H+Al, SB e CTC = 1,9; 28,0; 8,0; 28,0; 37,9 e 65,9 mmol_c dm⁻³, respectivamente e V(%)=58. A precipitação média anual é de 1.370 mm, a temperatura média anual é de 23,5° C e a umidade relativa do ar média anual entre 70 e 80%.

Foram instalados dois experimentos, um com o cultivar IAC 201 e outro com o cultivar Carajás. O delineamento utilizado, nos dois experimentos, foi o de blocos, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por 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 L₃ (1,95), durante todo o período de irrigação (Tabela 1).

Tabela 1 - Lâminas de água e respectivos Kc (Coeficiente de cultura) utilizados.

	E		DF				F		
	Fase vegetativa		Fase reprodutiva				Fase de maturação		
	P1**	P2	P3	P4	P5	P6			
		-30	-19	-11	-3	+5	+12		
Sequeiro*	-	-	-	-	-	-	-	-	
L1	0,20	0,35	0,50	0,65	0,50	0,35			
L2	0,40	0,70	1,00	1,30	1,00	0,70			
L3	0,60	1,05	1,50	1,95	1,50	1,05			
L4	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95			

E - Emergência; DF - Diferenciação floral; F - Florescimento. *Precipitação pluvial natural. **Período (em dias) de utilização dos coeficientes de cultura de acordo com o estado de desenvolvimento da cultura e o ciclo da cultivar utilizada.

Cada unidade experimental continha seis linhas de 6 m de comprimento espaçadas em 0,40 m. 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.

As irrigações foram realizadas quando a evapotranspiração máxima (ETm) da cultura atingiu 8,25 mm, ou seja, 45% da CAD. A ETm foi determinada pela expressão: $E_{tm} = K_c \cdot E_{To}$; onde E_{tm} = evapotranspiração máxima da cultura (mm dia^{-1}), E_{To} = evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}) e K_c = coeficiente de cultura. A evapotranspiração de referência foi determinada pela expressão $E_{To} = K_p \cdot E_{CA}$, em que E_{To} = evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}); E_{CA} = evaporação do tanque classe A (mm dia^{-1}) e K_p = coeficiente do tanque classe A.

A evaporação de água (mm) foi obtida diariamente de um Tanque Classe A. O coeficiente do Tanque Classe A (K_p) utilizado, foi o proposto por Doorenbos & 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. A precipitação pluvial foi determinada em um pluviômetro Ville de Paris instalado na área experimental, os dados estão apresentados na Tabela 2.

A capacidade de água disponível (CAD), em mm, foi calculada segundo a expressão: $CAD = [(CC - PMP) / 100] \cdot d \cdot h$, onde CC é a capacidade de campo (%); PMP é o ponto de murcha permanente (%), d é a densidade do solo (1250 kg m^{-3}); h é a profundidade efetiva do sistema radicular (0,20 m). Assim, a CAD do solo utilizada ficou estabelecida em 14,80 mm.

O solo foi preparado através de uma aração e duas gradagens, sendo a primeira gradagem levada a efeito logo após a aração e a segunda, às vésperas da semeadura. A adubação básica de semeadura foi constituída de 300 kg ha⁻¹ da fórmula 04-30-10, sendo que 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 13/11/95, utilizando-se a densidade de 100 sementes viáveis por metro quadrado. Junto com as sementes aplicou-se 1,5 kg ha⁻¹ de carbofuran 5G (i.a.) visando principalmente o

controle de cupins (*Syntermes molestus*, *Procornitermes striatus* e *Cornitermes lespeii*) e lagarta elasmó (*Elasmopalpus lignosellus*). A emergência da plântula ocorreu em 21/11/95.

O controle de plantas daninhas foi realizado através da utilização do herbicida oxadiazon (1 kg ha⁻¹ de i.a.) em pré-emergência, um dia após a semeadura e, 2,4D (670 g ha⁻¹ de i.a.) em pós-emergência. A adubação de cobertura foi realizada na época de perfilhamento das plantas, com aplicação de 30 kg ha⁻¹ na forma de uréia.

Foi realizada uma coleta de plantas, em 2,0 m de fileira, no momento em que 50% das panículas de cada unidade experimental 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 Fe, Zn, Cu e Mn, segundo metodologia descrita por Bataglia et al. (1983). De posse desses resultados, foram estimadas as quantidades absorvidas desses nutrientes por área.

A colheita do arroz foi efetuada manualmente e individualmente por unidade experimental quando os grãos de 2/3 superiores de 50% das panículas apresentaram-se 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 os grãos chochos com auxílio de uma peneira, através de abanação manual. Em seguida, determinou-se o peso 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, coletou-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 Fe, Zn, Cu e Mn, segundo metodologia descrita por Bataglia et al. (1983). De posse desses resultados, foram estimadas as quantidades exportadas desses nutrientes por área, pelos grãos em casca.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As informações sobre a distribuição das lâminas de água durante as fases de desenvolvimento da planta de arroz estão contidas na Tabela

2. Analisando os resultados verifica-se maior quantidade de água aplicada na fase reprodutiva para as lâminas L_1 , L_2 e L_3 . Na lâmina L_4 foi durante a fase vegetativa que houve maior aplicação de água, isso porque neste tratamento, foi adotado o Kc de 1,95 durante todo o ciclo.

Durante a fase vegetativa, a quantidade de água aplicada na lâmina L_1 em relação à lâmina L_2 , foi de 10,3%. Na lâmina L_3 aplicou-se 42,7% a mais do que na lâmina L_2 . No período da fase reprodutiva, em relação à lâmina L_2 , foi aplicado 45% da água, na lâmina L_1 e 62,5% a mais na lâmina L_3 , ou seja, bem mais próximo das diferenças estabelecidas entre os Kcs destas lâminas (Tabela 1). Na fase de maturação, não houve aplicação de água na lâmina L_1 , porque em nenhum momento foi atingido o limite mínimo para reposição. A quantidade de água aplicada na lâmina L_3 foi 1,9 vezes a mais que a aplicada na lâmina L_2 .

Tabela 2 - Distribuição das lâminas de água durante as fases de desenvolvimento da cultura.

Fases da Cultura	Tratamentos				
	Sequeiro	L_1	L_2	L_3	L_4
	-----Irrigação (mm)-----				
Vegetativa	-	2,2	21,3	30,4	151,4
Reprodutiva	-	26,7	59,2	96,2	120,0
Maturação	-	0,0	19,5	57,3	110,3
	-----Totais de água (mm)-----				
Vegetativa	245,2	242,3	251,4	260,5	381,5
Reprodutiva	228,4	245,2	277,3	314,3	338,1
Maturação	124,2	139,2	159,1	185,7	231,9
Totais de água	598,8	626,7	687,8	760,5	951,5

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados referentes à produção de matéria seca, teores e quantidades de nutrientes acumuladas na matéria seca até o florescimento. Pode-se verificar que a produção de matéria seca dos dois cultivares utilizados foi afetada pelas lâminas de água. O cultivar IAC 201 teve maior produção de matéria seca no tratamento L_3 , diferindo do tratamento de sequeiro e da menor lâmina L_1 . Já o cultivar Carajás produziu maior quantidade de matéria seca no tratamento L_2 ,

Tabela 3 - Produção de matéria seca, teores e quantidades de micronutrientes extraídas pelo arroz de terras altas em função de diferentes lâminas de água. Selvíria, MS.

Tratamentos	Matéria seca (kg ha ⁻¹)	Teor de nutriente na parte aérea (mg kg ⁻¹)				Quantidade extraída de nutriente (g Ha ⁻¹)			
		Fe	Zn	Cu	Mn	Fe	Zn	Cu	Mn
-----IAC 201-----									
Sequeiro	4462 b	106 ab	21 c	3,0	112 ab	456 b	90 c	13,0	483cd
L1	5073 b	81 b	27 c	3,5	74 b	409 b	136 c	17,2	374 d
L2	6322 ab	179 ab	91 a	2,7	150 a	1078 a	570 a	17,2	947 ab
L3	7732 a	88 b	91 a	2,5	169 a	679 ab	700 a	19,0	1277 a
L4	5483 ab	222 a	62 b	3,0	150 a	1185 a	343 b	16,2	816 bc
CV(%)	17,52	15,05	16,19	8,53	11,61	13,88	18,72	11,57	11,17
Valor de F	6,18**	9,17**	15,54**	1,61ns	7,02**	11,96**	19,21 ns	1,36 ns	9,05**
-----Carajás-----									
Sequeiro	5104 b	60,5 c	23,9 c	3,0	107,2 bc	299 b	120 c	15,2	542 b
L1	5969 ab	54,5 c	31,5 c	3,2	105,2 c	319 b	186 bc	18,5	624 ab
L2	7282 a	126,6 ab	98,8 a	3,1	166,5 ab	900 a	692 a	21,9	1168 a
L3	6131 ab	102,1 bc	94,8 a	2,9	161,2 abc	642 a	595 a	17,9	1038 ab
L4	5652 ab	174,9 a	58,9 b	3,3	178,0 a	955 a	319 b	17,9	995 ab
CV(%)	11,22	17,95	15,76	6,65	12,13	18,83	16,69	9,85	14,94
Valor de F	5,64**	7,37**	14,73**	0,38 ns	4,18*	8,02**	18,17**	1,66 ns	4,82*

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

sendo que este tratamento diferiu estatisticamente do tratamento de sequeiro. A menor produção de matéria seca nos tratamentos com menor disponibilidade hídrica, provavelmente, foi resultado de veranicos ocorridos até o florescimento da cultura. Resultados semelhantes foram obtidos por Stone *et al.* (1984), Campelo Junior (1985) e Carvalho Júnior (1987).

Nos dois cultivares utilizados, os teores de Fe, Zn, e Mn na matéria seca da parte aérea foram influenciados pelas lâminas de água. De maneira geral, houve menor acúmulo de Zn e Mn nas lâminas com menor disponibilidade de água (L₁ e sequeiro). A deficiência hídrica na cultura do arroz reduz a absorção de nutrientes (Viets Júnior, 1972; Ponnampereuma, 1975; Stone, 1985; Carvalho Júnior, 1987). Entretanto, Guidice *et al.* (1983) também não verificaram efeito da disponibilidade de água na absorção de Cu por cultivares de arroz.

A extração de micronutrientes (Fe, Zn e Mn) pelas plantas de arroz até o florescimento foi afetada pelas lâminas de água (Tabela 3), sendo que os resultados foram significativamente menores nos tratamentos com menor disponibilidade de água, principalmente no tratamento de sequeiro, para os dois cultivares estudados. Esse resultado é função da maior produção de matéria seca nos tratamentos que receberam mais água, e do efeito da menor disponibilidade de água sobre os teores dos micronutrientes.

Apesar de a irrigação por aspersão ter aumentado a extração de nutrientes, não houve diferença entre os tratamentos na ordem de extração, sendo que a exigência de micronutrientes, na média dos tratamentos, até o florescimento obedeceu a seguinte ordem decrescente: $Mn > Fe > Zn > Cu$ para ambos os cultivares. Essa seqüência é semelhante à observada por Fageria *et al.* (1997) para o arroz de sequeiro. Entretanto, Guidice *et al.* (1983) observaram ordem diferente ($Fe > Mn > Zn > Cu$).

Apesar da ordem não ter apresentado diferença entre os tratamentos e os cultivares, a quantidade extraída de nutrientes no sistema irrigado por aspersão foi maior em relação ao sistema de sequeiro. Assim, considerando a lâmina L_2 como referência para o sistema irrigado por aspersão, uma vez que apresenta a seqüência de Kcs para a cultura do arroz de terras altas (Reichardt, 1987), e comparando com o tratamento em condições de sequeiro, constatou-se que a quantidade extraída na média dos cultivares foi de 2,6 vezes para o Fe, 6 para o Zn, 2,8 para o Cu e 2 para o Mn, mostrando claramente que no sistema irrigado por aspersão há uma maior extração de nutrientes pelas plantas. Essa constatação deve ser levada em consideração nas adubações a serem realizadas no sistema irrigado por aspersão, uma vez, que para atingir elevadas produtividades haverá necessidade do fornecimento desses elementos em quantidades suficientes para o pleno desenvolvimento das plantas, seja por teores adequados no solo ou por adubações que venham suprir essa necessidade.

A produtividade de grãos foi significativamente superior nas lâminas com maior disponibilidade hídrica (Tabela 4), destacando-se para ambos os cultivares a lâmina L_3 , que proporcionou acréscimos de 66% e 36% na produtividade em relação ao tratamento de sequeiro para o cultivar IAC 201 e Carajás, respectivamente. A maior resposta a

irrigação por aspersão, apresentada pelo cultivar IAC 201, pode estar diretamente relacionada a origem desse material, que é proveniente do cruzamento de um cultivar irrigado por inundação (Labelle) e um cultivar de terras altas (IAC 165). Oliveira (1994), Rodrigues (1998), Arf et al. (2001) e Crusciol (2001) também verificaram aumento na produtividade de grãos com a irrigação por aspersão.

Analisando a Tabela 4, verifica-se que as lâminas de água afetaram significativamente os teores de Fe e Mn nos grãos do cultivar IAC 201 e de Mn nos grãos do cultivar Carajás. O maior teor de Fe foi constatado nos grãos com casca do cultivar IAC 201, proveniente do tratamento de sequeiro. Já os teores de Mn foram menores nos grãos provenientes da lâmina L₁, para ambos os cultivares.

Tabela 4 - Produtividade de grãos, teores e quantidades de micronutrientes exportadas pelo arroz de terras altas em função de diferentes lâminas de água. Selvíria, MS.

Tratamentos	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Teor de nutriente nos grãos (mg kg ⁻¹)				Quantidade exportada de nutriente (g ha ⁻¹)			
		Fe	Zn	Cu	Mn	Fe	Zn	Cu	Mn
----- IAC 201 -----									
Sequeiro	2134 b	72 a	213	6,6	29 a	151 a	441 b	14	62 b
L1	2557 b	22 b	245	5,4	20 b	57 b	617 ab	14	51 b
L2	3384 a	22 b	237	8,2	34 a	75 b	791 a	28	112 a
L3	3534 a	20 b	234	8,6	33 a	71 b	823 a	29	120 a
L4	3375 a	25 b	240	5,3	32 a	85 b	807 a	17	109 a
CV(%)	22,03	38,03	5,57	30,25	10,53	34,85	11,56	31,08	18,24
Valor de F	3,49*	2,51*	0,94 ns	0,49 ns	3,41*	4,25*	4,47*	1,37 ns	4,11*
----- Carajás -----									
Sequeiro	3079 b	20,8	152	11,8	33,8 ab	85	478	37	104 bc
L1	3298 b	21,7	205	6,8	29,9 b	71	688	22	99 c
L2	4080 a	26,0	240	8,5	36,7 ab	106	975	34	149 ab
L3	4186 a	17,9	216	7,8	39,8 a	75	897	33	167 a
L4	3098 b	25,6	247	6,7	43,0 a	80	762	19	133 abc
CV(%)	10,29	10,43	10,00	30,04	7,68	19,52	10,52	29,66	10,10
Valor de F	8,80**	2,08 ns	3,38*	0,57 ns	3,27*	0,65 ns	6,41**	0,86 ns	4,98*

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

Mediante as Tabelas 3 e 4, constata-se através dos teores de nutrientes na matéria seca e nos grãos, que boa parte do Zn absorvido

foi translocado para o grão, no qual apresentou maior teor desse elemento, acontecendo o mesmo com Cu. Quanto ao Fe e Mn, houve pouca translocação para os grãos. Dessa forma, das quantidades extraídas pela matéria seca da parte aérea, até o florescimento (Tabela 3), 12,4 % do Fe, 13,4 % do Mn foram exportados pelos grãos (Tabela 4). Com relação ao Zn, verificou-se que a quantidade exportada foi o dobro da quantidade absorvida até o florescimento. Isso por que o arroz absorve até o florescimento, aproximadamente, 50 % do Zn total (Fornasieri Filho & Fornasieri, 1993), o que explicaria, também, os resultados obtidos com o Cu.

Os tratamentos irrigados, principalmente aqueles que proporcionaram maior disponibilidade de água (L_2 , L_3 e L_4), promoveram maior exportação de Zn e Mn em relação do tratamento de sequeiro. Em geral, o arroz em casca exportou em ordem decrescente, as seguintes quantidades de nutrientes: $Zn > Mn > Fe > Cu$ para ambos os cultivares. Essa seqüência é diferente da apresentada por Fageria et al. (1997) para o arroz de sequeiro ($Fe > Zn > Mn > Cu$).

Assim como verificado para quantidades extraídas, apesar da ordem não ter apresentado diferença entre os tratamentos e os cultivares, a quantidade exportada de nutrientes no sistema irrigado por aspersão, com exceção do Fe, foi maior em relação ao sistema de sequeiro. Assim, fazendo o mesmo raciocínio aplicado para extração de nutrientes, ou seja, considerando a lâmina L_2 como referência para o sistema irrigado por aspersão e comparando-a com o tratamento em condições de sequeiro, constatou-se que a quantidade exportada na média dos cultivares foi de 1,9 vezes para o Zn, 1,2 para o Cu e 1,6 para o Mn. Essa constatação, permite inferir que a diferença entre os sistemas de cultivo do arroz de terras altas (sequeiro e irrigado por aspersão) é maior na extração do que na exportação de micronutrientes.

Contudo, deve-se ressaltar, principalmente para o Zn e o Mn, que os programas de adubação para a cultura do arroz no sistema irrigado por aspersão devem contemplar fórmulas que permitam, freqüentemente, a reposição desses elementos, deixando claro que as tabelas de recomendação para o sistema de sequeiro, quando empregadas para o cultivo no sistema irrigado por aspersão podem subestimar a quantidade de micronutrientes a serem aplicadas para a cultura.

CONCLUSÕES

A irrigação por aspersão proporcionou maior disponibilidade hídrica aumentando o desenvolvimento da planta e a produtividade de grãos com conseqüente acréscimo na extração e exportação de micronutrientes, principalmente Zn e Mn.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M.E. & CRUSCIOL, C.A.C., 2000. Influência da Época de Semeadura no Comportamento de Cultivares de Arroz Irrigado por Aspersão em Selvíria, MS. **Pesq. Agropec. Bras.**, **35**(10):1967-1976,
- ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M.E. & CRUSCIOL, C.A.C., 2001. Resposta de Cultivares de Arroz de Sequeiro ao Preparo do Solo e à Irrigação por Aspersão. **Pesq. Agropec. Bras.**, **36**(6):871-879.
- BARBOSA FILHO, M.P., 1987. **Nutrição e Adubação do Arroz (Sequeiro e Irrigado)**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 129p. (Boletim Técnico, 9).
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R. & GALLO, J.R., 1983. **Métodos de Análises Químicas de Plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico.
- CAMPELO JÚNIOR, J.O., 1985. Avaliação da Capacidade de Extração de Água do Solo pelo Arroz de Sequeiro (*Oryza sativa* L.) sob Diferentes Doses de Nitrogênio. Piracicaba. 127p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP.
- CARVALHO JÚNIOR, A.G., 1987. Efeito da Adubação Potássica em Cultivares de Arroz (*Oryza sativa* L.) de Sequeiro sob Déficit Hídrico, em Solos sob Cerrados. Lavras. 165p. Dissertação(Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- CRUSCIOL, C.A.C., 2001. Crescimento Radicular, Nutrição e Produção de Cultivares de Arroz de Terras Altas em Função de Disponibilidade Hídrica e de Fósforo. Botucatu, 111p. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP.
- CRUSCIOL, C.A.C.; MACHADO, J.R.; ANDREOTTI, M.; ARF, O. & RODRIGUES, R.A.F., 1997a. Produção e Nutrição do Arroz cv. IAC-201 em Função de Níveis de Água e do Espaçamento sob

- CRUSCIOL, C.A.C.; MACHADO, J.R.; ARF, O. & RODRIGUES, R.A.F., 1997b. Absorção e Exportação de Nutrientes pelo Arroz Irrigado por Aspersão em Função do Manejo da Água. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., Camboriú: EPAGRI, **Anais... Balneário Camboriú, 1997.** p.265-267.
- CRUSCIOL, C.A.C.; MACHADO, J.R.; ARF, O. & RODRIGUES, R.A.F., 2000. Produtividade do Arroz Irrigado por Aspersão em Função do Espaçamento e da Densidade de Semeadura. **Pesq. Agropec. Bras.**, **35(6)**:1093-1100.
- DOORENBOS, J. & PRUITT, W.O., 1976. **Las Necesidades de Agua de los Cultivos.** Roma: FAO, 194 p. (Estudos FAO : Riego e Drenaje, 24).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA., 1999. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos.** Rio de Janeiro, EMBRAPA-Solos, 41p.
- FAGERIA, N.K., 1999. Nutrição Mineral. 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, p.173-195.
- FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. & JONES, C.A., 1997. **Growth and Mineral Nutrition of Field Crops.** 2.ed. New York: Marcel Dekker, 466p.
- FAGERIA, N.K.; SANT'ANA, E.P. & MORAIS, O.P., 1995. Resposta de Genótipos de Arroz de Sequeiro Favorecido à Fertilidade do Solo. **Pesq. Agropec. Bras.**, **30**:1155-1161.
- FORNASIERI FILHO, D. & FORNASIERI, J.L., 1993. **Manual da Cultura do Arroz.** Jaboticabal: FUNEP, 221p.
- GIUDICE, R.M.; HAAG, H.P.; THIÉBAUT, J.T.L. & DECHEN, A.R., 1983. **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, 73p.
- MALAVOLTA, E., 1980. **Elementos de Nutrição Mineral de Plantas.** São Paulo: Ceres, 251p.
- OLIVEIRA, G.S., 1994. Efeito de Densidades de Semeadura no Desenvolvimento de Cultivares de Arroz (Oryza sativa L.) em Condições

- de Sequeiro e Irrigado por Aspersão. Ilha Solteira, 41p. Monografia de Graduação em Agronomia - Faculdade de Engenharia/UNESP.
- PONNAMPERUMA, F.N., 1975. Growth-Limiting Factors of Aerobic Soils. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Los Baños, p.40-43.
- RAIJ, B. van & QUAGGIO, J.A., 1983. **Métodos de Análise de Solo para Fins de Fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo, (Boletim Técnico, 81).
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C., 1996. **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 285p. (Boletim Técnico, 100).
- REICHARDT, K., 1987. Relações Solo-Água-Planta para Algumas Culturas. In: REICHARDT, K. **A Água em Sistemas Agrícolas**. São Paulo: Manole, p.157-71.
- RODRIGUES, R.A.F., 1998. Efeitos do Manejo de Água nas Características Fenológicas e Produtivas do Arroz (*Oryza sativa* L.) Cultivado em Condições de Sequeiro sob Irrigação por Aspersão. Botucatu, 75p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrômicas/UNESP.
- STONE, L.F., 1985. Absorção de P, K, Mg, Ca e S por Arroz, Influenciada pela Deficiência Hídrica, Vermiculita e Cultivar. **Pesq. Agropec. Bras.**, **20**:1251-1258,
- STONE, L.F.; LIBARDI, P.L. & REICHARDT, K., 1984. Deficiência Hídrica, Vermiculita e Cultivares. **Pesq. Agropec. Bras.**, **19**:695-707.
- VIETS JUNIOR, F.G., 1972. Water Deficits and Nutrient Availability. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed.) **Water Deficits and Plant Growth**. New York: Academic Press, 3:217-239.