

Qualidade industrial e teores de nutrientes dos grãos do arroz de terras altas sob diferentes lâminas de água e níveis de adubação mineral

Carlos Alexandre Costa Crusciol^{1*}, Orivaldo Arf², Rogério Peres Soratto¹ e José Ricardo Machado¹

¹Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Campus Botucatu, Fazenda Experimental Lageado, C.P.237, 18.603-970 Botucatu, São Paulo, Brasil. ²Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, Faculdade de Engenharia, Unesp, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: crusciol@fca.unesp.br

RESUMO. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o rendimento industrial e os teores de nutrientes nos grãos do arroz de terras altas, cv. IAC 201, obtidos em experimentos de campo com diferentes lâminas de água e níveis de adubação mineral, nos anos agrícolas de 1994/95 e 1995/96, em Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. O delineamento experimental foi por blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se da precipitação pluvial natural e de quatro lâminas de água fornecidas por aspersão. A lâmina L₂ foi baseada no coeficiente de cultura (Kc) do arroz de terras altas. As lâminas L₁ e L₃ foram definidas como 0,5 e 1,5 vez os Kcs utilizados em L₂, respectivamente, e na lâmina L₄ foi adotado Kc=1,95 durante todo o ciclo da cultura. Em 1995/96, utilizaram-se os mesmos tratamentos em parcelas subdivididas, sendo as subparcelas constituídas por dois níveis de adubação NPK (300 e 600kg ha⁻¹ da fórmula 04-30-10). O rendimento de benefício e de grãos inteiros do cultivar IAC 201 foi incrementado com a utilização da irrigação por aspersão. A menor disponibilidade de água proporcionou aumento nos teores de P, Ca, Mg e Fe e redução nos de K e S nos grãos brunidos decorrentes de efeito de diluição/concentração em função da produtividade de grãos. Os teores de nutrientes e de proteínas nos grãos brunidos e a qualidade industrial dos mesmos não foram afetados pelo aumento da adubação mineral em solo com teores adequados de nutrientes.

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

ABSTRACT. Mill quality and nutrients contents of grains of upland rice as affected by water levels and fertilization mineral. With the objective of evaluate the effects of water levels and mineral fertilizers on the mill revenue and nutrient content of the grains of upland rice cv. IAC 201, two experiments were conducted in Selvíria, state of Mato Grosso do Sul, 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 (Kc) for dryland rice that resulted in water level 2 (L₂). Water levels L₁ and L₃ were then defined as 0.5 and 1.5 Kcs used in L₂, respectively, and on water level 4 (L₄) was used Kc=1.95, during all plant cycle. In 1995/96 the same treatments were applied in a split-plot scheme, where subplots consisted of two NPK-fertilization levels (300 e 600kg ha⁻¹ of formula 04-30-10). Sprinkler irrigation incresed hulling yield, and undamaged grains; low water availability incresed P, Ca, Mg, and Fe and, decreased K and S content of polished grains; the mineral fertilizer levels did not interfere in the nutrients and protein content of polished grains and industrial quality of grains, in soil with appropriate nutrients levels.

Key words: *Oryza sativa*, irrigation levels, hulling yield.

Introdução

O rendimento de grãos inteiros significa a quantidade de grãos inteiros obtida após o beneficiamento industrial e é um dos parâmetros

mais importantes para determinar o valor comercial do arroz (Oliveira, 1994). Em nível nacional, tem sido atribuído ao arroz em casca um rendimento de benefício de 68%, constituído de 40% de rendimento de grãos inteiros e 28% de grãos

quebrados, considerados depois do produto descascado e polido (Vieira e Carvalho, 1999). Assim, a presença de grãos quebrados em um lote de arroz é uma característica indesejável, pois diminui a qualidade e o valor econômico, podendo também ocorrer redução no rendimento de benefício, pois frações de grãos podem ser eliminadas junto com as cascas (Crusciol *et al.*, 1999).

O rendimento de benefício e a proporção de grãos quebrados estão relacionados às características genéticas do cultivar e às condições ambientais como vento, temperatura, umidade do ar, distribuição de chuvas durante a maturação, teor de umidade nos grãos no momento da colheita e adubação (Barbosa Filho e Fonseca, 1994). Grande parte dos grãos partidos durante o beneficiamento já apresentavam fissuras ou trincas provenientes de determinadas práticas utilizadas na lavoura, na colheita e na secagem (Bhattacharya, 1980; Velupillay e Pandey, 1990).

No Brasil, cerca de 34% da produção de arroz é obtida no sistema de terras altas, que ocupa cerca de 61% da área cultivada com esse cereal (Stone e Pinheiro, 1998). A qualidade do grão oriundo do arroz cultivado em terras altas sob sistema de sequeiro geralmente é inferior ao grão proveniente da cultura irrigada por inundação. Esse fato é atribuído, principalmente, a períodos de deficiência hídrica que ocorrem durante o ciclo, principalmente nas fases de emissão das panículas e enchimento de grãos (Sanf'ana, 1989). A porcentagem de grãos chochos e gessados aumenta em demasia quando a deficiência hídrica ocorre durante a fase de emissão das panículas e enchimento dos grãos. Desse modo, a limitação hídrica no cultivo de sequeiro é um fator importante que pode influenciar a qualidade do grão; sua formação inadequada e a presença de grãos gessados proporcionam aumento na porcentagem de grãos quebrados (Arf *et al.*, 2002).

Como alternativa para minimizar o risco de perda da cultura e aumentar a produtividade no ecossistema de terras altas, a irrigação por aspersão também pode possibilitar a obtenção de grãos com melhor qualidade, pois propicia um processo contínuo de enchimento, levando a um maior rendimento de grãos no benefício e de inteiros, e, conseqüentemente, à redução no rendimento de grãos quebrados (Oliveira, 1994). Rodrigues (1998) e Arf *et al.* (2002), estudando os cultivares IAC 201, Carajás e Guarani, verificaram que a irrigação por aspersão aumenta o rendimento de benefício e o rendimento de inteiros, principalmente em ano de ocorrência de veranicos.

A deficiência hídrica também reduz o crescimento radicular do arroz de terras altas, afetando a nutrição da planta e a produtividade de grãos (Crusciol, 2001), reduzindo a absorção de potássio e fósforo (Stone, 1985) e nitrogênio (Stone *et al.*, 1984), além de diminuir a exportação de macro e micronutrientes (Carvalho Junior, 1987), ou seja, afeta diretamente a qualidade nutricional dos grãos. Segundo Zaratin (2000), a adubação potássica também pode contribuir para a obtenção de grãos de alta qualidade.

Referências bibliográficas envolvendo cultivo irrigado por aspersão influenciando a qualidade industrial e os teores de nutrientes dos grãos do arroz ainda são escassas (Arf *et al.*, 2002). O presente trabalho teve como objetivo avaliar o rendimento de engenho e teores de nutrientes e proteínas nos grãos brunidos do arroz de terras altas, cultivar IAC 201, provenientes de experimentos de campo com diferentes lâminas de água aplicada por aspersão e de dois níveis de adubação mineral.

Material e métodos

O trabalho foi realizado em laboratório, utilizando-se grãos do cultivar IAC 201 provenientes de experimentos conduzidos em condições de campo, nos anos agrícolas de 1994/95 e 1995/96, no município de Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, situado a 51° 22' de longitude oeste e 20° 22' de latitude sul, com altitude de 335 m. O solo do local é do tipo Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso. As características químicas foram determinadas antes da instalação dos experimentos, segundo a metodologia proposta por Raij e Quaggio (1983), cujos resultados estão contidos na Tabela 1. A precipitação média anual é de 1.370mm, a temperatura média anual é de 23,5°C e a umidade relativa do ar média anual situa-se entre 70% e 80%.

A capacidade de retenção de água no solo foi determinada utilizando-se uma unidade de sucção, segundo Grohmann (1960), na faixa de 0,002 MPa 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.

O delineamento utilizado em cada experimento foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. O experimento conduzido no ano agrícola de 1994/95 foi constituído de cinco lâminas de água: a precipitação pluvial natural, ou seja, cultivo sob condições de sequeiro e quatro lâminas 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 terras altas, 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. O experimento conduzido no ano 1995/96 foi instalado em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas constituídas pelas cinco lâminas de água estudadas no ano agrícola anterior (Tabela 2) e as subparcelas por dois níveis de adubação mineral (AD1 – 300kg ha⁻¹ e AD2 – 600kg ha⁻¹ da fórmula 04-30-10).

As unidades experimentais foram constituídas de seis linhas de 6m de comprimento espaçadas em 0,40m. Foram consideradas como área útil as quatro fileiras centrais, sendo que 0,50m da extremidade de cada fileira de plantas e as duas fileiras externas foram consideradas como bordadura.

As irrigações foram realizadas quando a evapotranspiração máxima (ETm) da cultura atingiu 8,25mm, ou seja, 45% da capacidade de água disponível (CAD). A ETm foi determinada pela expressão: ETm = Kc.ETo; em que ETm = evapotranspiração máxima da cultura, ETo = evapotranspiração de referência e Kc = coeficiente de cultura. A evapotranspiração de referência foi determinada pela expressão ETo = Kp.ECA, em que ETo = evapotranspiração de referência; ECA = evaporação do tanque classe A e Kp = coeficiente do tanque classe A. 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. A CAD foi calculada segundo a expressão

CAD=[(CC-PMP)/100].d.h, em que CC é a capacidade de campo (%); PMP é o ponto de murcha permanente, d é a densidade do solo, h é a profundidade efetiva do sistema radicular. Sendo assim, a CAD do solo utilizada ficou estabelecida em 14,80mm.

Nos tratamentos irrigados, o fornecimento de água foi realizado por um sistema de aspersão convencional fixo, com precipitação de 3,3mm.hora⁻¹ nos aspersores e foi considerada a água proveniente da precipitação pluvial, que foi determinada em um pluviômetro Ville de Paris instalado na área experimental (Figura 1).

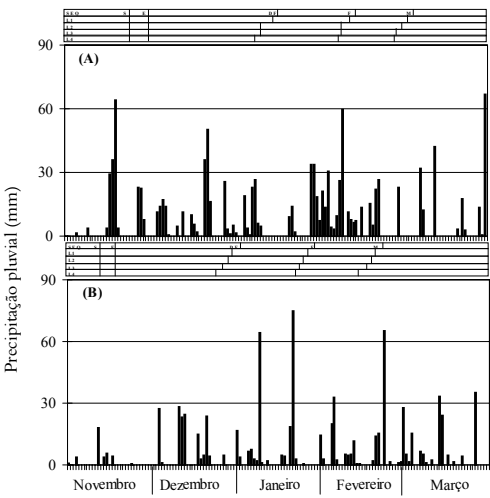


Figura 1. Precipitação pluvial obtida na área do experimento durante o período de novembro a março, nos anos agrícolas de 1994/95 (A) e 1995/96 (B), Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul. S- Semeadura; E- Emergência; DF- Diferenciação floral; F- Florescimento e M- Maturação

Tabela 1. Características químicas do solo na profundidade de 0-20cm

Ano	M.O.	pH	P resina	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
	(g.kg ⁻¹)	(CaCl ₂)	(mg.dm ⁻³)				mmol.dm ⁻³			(%)
1994/95	26	5,4	24	1,3	24,0	15,2	29,2	40,5	69,7	58
1995/96	23	5,1	26	1,9	28,0	8,0	28,0	37,9	65,9	58

Tabela 2. Coeficientes de cultura (Kc) utilizados nos diversos tratamentos hídricos e períodos (em dias) de utilização de cada um deles

Tratamentos hídricos	E	DF				F				
	Fase vegetativa	Fase reprodutiva				Fase de maturação				
		P1**	P2	P3	P4	P5	P6			
		-30	-19	-11	-3	+5	+12			
Sequeiro*	-	-	-	-	-	-	-			
Lâmina 1 (L ₁)	0,20	0,35	0,50		0,65	0,50	0,35			
Lâmina 2 (L ₂)	0,40	0,70	1,00		1,30	1,00	0,70			
Lâmina 3 (L ₃)	0,60	1,05	1,50		1,95	1,50	1,05			
Lâmina 4 (L ₄)	1,95	1,95	1,95		1,95	1,95	1,95			

E- Emergência; DF- Diferenciação floral; F- Florescimento. *Tratamento sem irrigação, que recebeu apenas a precipitação pluvial natural. ** Período (em dias) de utilização dos coeficientes de cultura em relação ao florescimento. P1: período compreendido entre a emergência e 30 dias antes do florescimento; P2: compreendido entre 30 e 19 dias antes do florescimento; P3: período entre 19 e 11 dias antes do florescimento; P4: período entre 11 e 3 dias do florescimento; P5: período entre 3 dias antes e 5 dias após o florescimento; P6: período entre 5 e 12 dias após o florescimento

O cultivar IAC 201 apresenta como características principais nas condições de São Paulo: porte médio (100cm), ciclo precoce (110 - 120 dias), 78 - 90 dias da emergência ao florescimento, espiguetas místicas ou microaristadas, possui excelente tipo de grãos, longos e finos (agulhinha), translúcidos e com alto rendimento de grãos inteiros no beneficiamento, centro branco insignificante e com excelentes qualidades culinárias, porém é suscetível a brusone (*Pyricularia grisea* Sacc.) (São Paulo, 1992).

O preparo do solo foi realizado através de uma aração e de duas gradagens, sendo a primeira gradagem realizada logo após a aração e a segunda às vésperas da semeadura. No ano agrícola de 1994/95, a adubação consistiu da aplicação nos sulcos de semeadura de 12kg de N, 90kg P₂O₅ e 30kg de K₂O ha⁻¹. No ano agrícola de 1995/96, a adubação NPK tornou-se parte dos tratamentos conforme descrito acima. Também foram aplicados, nos dois anos, 40kg ha⁻¹ de FTE BR-12 como fonte de micronutrientes (2,17% de B, 9,2% de Zn, 0,8% de Cu, 3,82% de Fe, 3,47% de Mn e 0,132% de Mo).

As semeaduras foram realizadas em 24.11.94 e 13.11.95, utilizando-se a densidade de 100 sementes viáveis por metro quadrado. Junto com as sementes, aplicou-se 1,5kg ha⁻¹ de carbofuran 5G (i.a.), visando, principalmente, ao controle de cupins (*Syntermes molestus*, *Procornitermes striatus* e *Cornitermes lespesii*) e lagarta elasm (*Elasmopalpus lignosellus*). As emergências das plântulas ocorreram em 02.12.94 e 21.11.95, respectivamente.

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

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, semiduros. 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.

De cada parcela foi coletada uma amostra de 100g de grãos de arroz em casca e utilizado um engenho de prova (Suzuki), modelo MT, por 1 minuto; em seguida, os grãos brunidos (polidos) foram pesados e os valores encontrados foram

considerados como rendimento de benefício, com dados em porcentagem. Posteriormente, os grãos brunidos foram colocados no "trieur" n.º 2 e a separação dos grãos foi processada por 30 segundos; pesaram-se os grãos que permaneceram no "trieur" e o valor obtido foi considerado rendimento de inteiros e os demais de grãos quebrados, ambos expressos em porcentagem. No ano de 1995/96, os grãos brunidos foram secados em estufa a 60°C e posteriormente realizou-se a moagem desses materiais, nos quais foram determinados, através de análise química, os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu e Mn, segundo metodologia descrita por Bataglia et al. (1983). O teor de proteína nos grãos brunidos foi determinado através da multiplicação do teor de nitrogênio pelo fator 6,25. Os dados foram submetidos à análise de variância e a médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Não houve efeito significativo da interação lâminas de água x doses de adubação para nenhuma das variáveis analisadas. O rendimento de grãos no benefício foi significativamente afetado pelos tratamentos hídricos (Tabela 3) nos dois anos de cultivo. Os efeitos das irrigações no primeiro ano, sobre essa variável, foram em média 6,6%, enquanto que os observados no ano seguinte foram inferiores, devido, provavelmente, à melhor distribuição de chuvas durante o período de pós-floração, comparativamente ao ano anterior (Figura 1), o que pode ter prejudicado o enchimento contínuo dos grãos. Na safra 1995/96, a lâmina L₄ proporcionou o maior valor, 70%, diferindo da L₃ e do cultivo de sequeiro, independentemente do nível de adubação utilizada. No entanto, apesar da diferença estatística, os tratamentos irrigados por aspersão proporcionaram um incremento médio no rendimento de benefício de apenas 1% em relação ao tratamento de sequeiro. Os resultados obtidos no primeiro ano agrícola estão diretamente relacionados ao fornecimento adequado de água que o sistema de cultivo irrigado por aspersão propiciou à cultura em condições de veranicos quando comparados ao sistema de sequeiro (Figura 1). No entanto, apesar da menor precipitação pluvial constatada no segundo ano agrícola (Tabela 4), a distribuição foi mais uniforme, explicando a menor diferença constatada entre os tratamentos de lâminas de água.

Tabela 3. Médias de rendimento de grãos no benefício, de inteiros e quebrados obtidos em arroz irrigado por aspersão, cv. IAC 201, sob diferentes lâminas de água e níveis de adubação mineral. Selvíria-MS

Tratamentos*	Benefício (%)			Inteiros (%)			Quebrados (%)		
	1994/95	1995/96	média	1994/95	1995/96	média	1994/95	1995/96	média
Sequeiro	62,0 b	68,1 c	65,0	38,4 b	45,2	41,8	23,6	22,9	23,0
L ₁	67,6 a	68,8 abc	68,2	48,3 ab	44,1	46,2	19,3	24,6	22,1
L ₂	68,8 a	69,4 ab	69,0	51,0 a	47,0	49,0	17,7	22,5	20,1
L ₃	68,8 a	68,5 bc	68,7	47,2 ab	47,6	47,4	21,6	20,9	21,5
L ₄	68,6 a	70,0 a	69,3	42,8 ab	45,6	44,2	25,8	24,4	25,1
CV (%)	2,73	1,32		10,35	5,31		17,13	8,16	
AD1	-	69,0		-	45,7		-	23,3	
AD2	-	68,9		-	46,2		-	22,8	
CV (%)	-	1,19		-	5,21		-	10,53	

*A lâmina L₂ foi baseada no coeficiente de cultura (Kc) do arroz de terras altas (Tabela 2). As lâminas L₁ e L₃ foram definidas como 0,5 e 1,5 vezes os Kcs utilizados em L₂, respectivamente, e na lâmina L₄ foi adotado Kc=1,95 durante todo o ciclo da cultura. AD1 - 300kg ha⁻¹ e AD2 - 600kg ha⁻¹ da fórmula 04-30-10 de NPK. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O efeito benéfico da irrigação por aspersão no rendimento de benefício foi constatado também por Oliveira (1994) com os cultivares IAC 201 e Araguaia, e por Rodrigues (1998) e Arf *et al.* (2002) com os cultivares IAC 201, Carajás e Guarani. Estes autores atribuíram o incremento no rendimento de benefício ao melhor enchimento de grãos proporcionado pela irrigação. No entanto, vale ressaltar que o efeito da irrigação no enchimento de grãos ocorre, em determinadas situações, bem antes dessa fase, pois promove maior crescimento radicular, melhorando o estado nutricional da cultura, refletindo diretamente na dinâmica de enchimento dos grãos (Crusciol, 2001).

Tabela 4. Número de dias após a emergência para o florescimento, ciclo e distribuição das lâminas de água durante as fases de desenvolvimento da cultura.

	Tratamentos				
	Sequeiro	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄
	----- 1994/95 -----				
Florescimento (DAE)*	76	73	68	68	66
Ciclo (dias)	96	95	92	90	87
Fases da Cultura					
Vegetativa	333,7	333,7	293,3	294,9	329,5
Reprodutiva	343,9	328,2	322,6	361,3	415,4
Maturação	135,4	180,6	233,6	252,6	349,0
Totais de água (mm)	813,0	842,5	849,5	908,8	1093,9
	----- 1995/96 -----				
Florescimento (DAE)	75	72	69	67	64
Ciclo (dias)	97	94	91	87	84
Fases da Cultura					
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 (mm)	598,8	626,7	687,8	760,5	951,5

*Dias após a emergência

Quanto ao rendimento de grãos inteiros, houve efeito dos tratamentos apenas no primeiro ano de cultivo. No segundo ano, a distribuição mais uniforme das chuvas foi suficiente para o adequado enchimento de grãos, não manifestando efeito da irrigação por aspersão. Dessa forma, em 1994/95 a lâmina 2 proporcionou o maior valor de rendimento

de inteiros, 51,0%, diferindo significativamente do tratamento de sequeiro (Tabela 4). Para ressaltar o efeito da irrigação por aspersão, apesar de não diferirem significativamente entre si, os tratamentos irrigados proporcionaram o incremento médio de 8,9% em relação ao tratamento de sequeiro.

Esses resultados evidenciam que, na maioria das situações, o cultivo do arroz de terras altas no sistema irrigado por aspersão apresenta maior rendimento de grãos inteiros e, conseqüentemente, propicia maior remuneração do agricultor, principalmente em regiões que eventualmente ocorrem veranicos ou onde estes são freqüentes, corroborando com os resultados obtidos por Oliveira (1994), o qual utilizando o mesmo cultivar do presente trabalho, verificou incremento de 8,1% no rendimento de grãos inteiros com o emprego da irrigação por aspersão. No primeiro ano, a distribuição de chuvas foi mais irregular que no segundo ano, principalmente no período de formação dos grãos do tratamento de sequeiro (Figura 1) e este pode ter sido o fator decisivo para o comportamento observado para o rendimento de grãos inteiros e quebrados. Assim, em condições de sequeiro, a cultura pode sofrer deficiência hídrica em períodos críticos de seu desenvolvimento, entre eles, na formação dos grãos, podendo, dessa forma, haver perda na qualidade dos mesmos, pois grãos bem formados apresentam maior rendimentos de inteiros, devido à maior resistência a choques e vibrações proporcionadas pela colheita e beneficiamento (Arf *et al.*, 2002). Rodrigues (1998) e Arf *et al.* (2002) também verificaram aumento do rendimento de grãos inteiros com a utilização da irrigação por aspersão, independentemente do cultivar utilizado.

Quanto ao rendimento de grãos quebrados, não houve influência significativa dos tratamentos; no entanto, no primeiro ano, a lâmina 2 resultou no menor valor nominal, já que este parâmetro é corolário do anterior.

Tabela 5. Valores médios de teores de proteína e nutrientes nos grãos brunidos obtidos em arroz irrigado por aspersão, cv. IAC 201, sob diferentes lâminas de água e dois níveis de adubação, no ano agrícola 1995/96. Selvíria-MS

Tratamentos*	Proteína	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Cu	Mn
	g kg ⁻¹							mg kg ⁻¹			
Sequeiro	87	14,0	1,45 a	0,48 b	4,23 a	0,48 a	0,38 bc	46 a	110 b	1,7	7,5 ab
L ₁	89	14,3	1,42 a	0,45 b	3,74 ab	0,45 a	0,22 c	44 a	167 a	1,9	6,1 b
L ₂	82	13,2	0,92 b	0,50 b	3,52 b	0,22 b	0,74 a	13 c	58 c	3,3	7,6 ab
L ₃	84	13,4	0,91 b	0,72 a	3,45 b	0,21 b	0,50 ab	38 ab	50 c	2,5	6,9 ab
L ₄	88	14,0	0,99 b	0,42 b	3,85 ab	0,42 a	0,44 bc	17 bc	97 b	2,1	8,4 a
CV (%)	2,65	2,57	3,25	10,71	4,83	4,46	7,04	26,63	18,14	18,84	8,42
AD ₁	85	13,5	1,08	0,49	3,66	0,32	0,43	26	93	2,2	6,9
AD ₂	87	14,0	1,17	0,53	3,85	0,38	0,47	33	91	2,3	7,7
CV (%)	3,69	3,59	6,55	6,03	5,33	5,58	9,33	23,95	9,42	24,60	8,53

*A lâmina L₂ foi baseada no coeficiente de cultura (Kc) do arroz de terras altas (Tabela 2). As lâminas L₁ e L₃ foram definidas como 0,5 e 1,5 vezes os Kcs utilizados em L₂, respectivamente, e na lâmina L₄ foi adotado Kc=1,95 durante todo o ciclo da cultura. AD1 - 300kg ha⁻¹ e AD2 - 600kg ha⁻¹ da fórmula 04-30-10 de NPK. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os teores de proteína no grão brunido não foram afetados pelos tratamentos hídricos nem pelas doses de fertilizantes (Tabela 5), apresentando o cultivar IAC 201 com 86g kg⁻¹ (8,6%). Os teores de nutrientes no grão brunido, com exceção do N e do Cu, foram influenciados significativamente pelas lâminas de água, não ocorrendo nenhum efeito dos níveis de adubação. De modo geral, a menor disponibilidade hídrica, ocorrida no tratamento de sequeiro, proporcionou maiores teores de P, Ca, Mg e Fe nos grãos brunidos, o que pode estar relacionado ao efeito de concentração em função de menores produtividades de grãos sob esse sistema de cultivo, o mesmo foi observado para a maior lâmina (L₄), devido ao acamamento ocorrido nesse tratamento. O teor de K foi significativamente maior na lâmina L₃, provavelmente por esse tratamento ter proporcionado melhores condições para absorção do nutriente em questão, principalmente na época do enchimento de grãos. O mesmo pode ter ocorrido com os teores de S; porém, para esse nutriente, a lâmina L₂ proporcionou os maiores teores, e, no caso do Mn, os maiores teores foram observados na lâmina L₄. O Zn foi encontrado em maior quantidade nos grãos provenientes do tratamento L₁, seguido pelo tratamento de sequeiro.

A adubação mineral não influenciou a qualidade industrial dos grãos, assim como o teor de proteínas e nutrientes dos grãos brunidos (Tabelas 4 e 5). Dispõe-se de poucas informações a respeito da influência da aplicação de fertilizantes sobre o rendimento de grãos inteiros de arroz (Marchezan, 1991), havendo poucas evidências para afirmar que a adubação do arroz altera ou não a proporção entre grãos inteiros e quebrados, já que uma prática agrícola influencia apenas à medida que altera o conteúdo de água nos grãos (Kunze et al., 1988). Barbosa Filho e Fonseca (1994), todavia, relatam que a adubação, principalmente a nitrogenada, pode proporcionar maior rendimento de inteiros no

beneficiamento. Esse aumento é atribuído à elevação na porcentagem de grãos translúcidos, que são mais resistentes à quebra no processo de brunição.

Na média dos tratamentos, os teores de nutrientes nos grãos brunidos do arroz, cultivar IAC 201, obedeceram à seguinte ordem decrescente: N>Ca>P>K>S>Mg>Zn>Fe>Mn>Cu.

De maneira geral, pode-se concluir que o rendimento de benefício e de grãos inteiros do cultivar IAC 201 foi incrementado com a utilização da irrigação por aspersão; a menor disponibilidade de água proporcionou aumento nos teores de P, Ca, Mg e Fe e, redução nos de K e S nos grãos brunidos decorrente de efeito diluição/concentração em função da produtividade de grãos; os teores de nutrientes e proteínas nos grãos brunidos e a qualidade industrial dos mesmos não foram afetados pelo aumento da adubação mineral em solo com teores adequados de nutrientes.

Referências

- ARF, O. et al. Preparo do solo, irrigação por aspersão e rendimento de engenho do arroz de terras altas. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.59, n.2, p. 321-326, 2002.
- BARBOSA FILHO, M.P.; FONSECA, J.R. Importância d adubação na qualidade do arroz. In: SÁ, M.E.; BUZETTI, S. (Coord.). *Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas*. São Paulo: Ícone, 1994. cap.13, p.217-231.
- BATAGLIA, O.C. et al. *Métodos de análises químicas de plantas*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983.
- BHATTACHARYA, K.R. Breakage of rice during milling: a review. *Trop. Sci.*, London, v. 22, p. 255-276, 1980.
- 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 em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras. Lavras, 1987.
- CRUSCIOL, C.A.C. *Crescimento radicular, nutrição e produção de cultivares de arroz de terras altas em função da disponibilidade hídrica e de fósforo*. 2001. Tese (Livre

- Docência) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.
- CRUSCIOL, C.A.C. *et al.* Rendimento de benefício e de grãos inteiros em função do espaçamento e da densidade de semeadura do arroz de sequeiro, *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.56, n.1, p.47-52, 1999.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. *Las necesidades de agua de los cultivos*. Roma, FAO, 194 p., 1976 (Estudos FAO : Riego e Drenaje, 24).
- 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.
- KUNZE, O.R. *et al.* Fissured rice related to grain moisture weather and fertilization rates. In: INTERNATIONAL WINTER MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, Saint Joseph, 1988. *Proceedings...* Saint Joseph: American Society Engineers, 1988. 14p.
- MARCHEZAN, E. *Época de semeadura e rendimento industrial em grãos inteiros de cultivares de arroz (Oryza sativa L.)*. 1991. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.
- OLIVEIRA, G.S. *Efeito de densidades de semeadura no desenvolvimento de cultivares de arroz (Oryza sativa L.) em condições de sequeiro e irrigado por aspersão*. 1994. Monografia (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 1994.
- 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-planta 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. 451-454, 1947.
- RICHARDS, L.A.; FIREMANN, M. pressure-plate apparatus for measuring moisture sorptin and transmission by soils. *Soil Sci.*, Baltimore, v.56, p.395-404, 1943.
- RODRIGUES, R.A.F. *Efeitos do manejo de água nas características fenológicas e produtivas do arroz (Oryza sativa L.) cultivado em condições de sequeiro sob irrigação por aspersão*. 1998. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.
- SANT'ANA, E.P. Cultivo de arroz irrigado por aspersão. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.14, p. 71-75, 1989.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria da Pesquisa Agropecuária. Instituto Agronômico. *Agulhinha de Sequeiro: IAC 201*. Campinas, 1992. (Cultivar de arroz para o Estado de São Paulo)
- 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. II. Efeito na utilização do nitrogênio pelo arroz. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.19, n.11, p.1403-1416, 1984.
- STONE, L.F.; PINHEIRO, B.S. O arroz sob irrigação suplementar por aspersão. In: BRESEGHELLO, F.; STONE, L.F. (Eds.) *Tecnologia para o arroz de terras altas*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998, cap. 5, p. 31-33.
- VELUPILLAY, L.; PANDEY, J.P. The impact of fissuring rice in mill yields. *Cereal Chem.*, St. Paul, v.67, n.2, p.118-124, 1990.
- VIEIRA, N.R.A.; CARVALHO, J.L.V. Qualidade tecnológica In: VIEIRA, N.R.A. *et al.* (Ed.). *A cultura do arroz no Brasil*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999, cap. 21, p. 582-604.
- ZARATIN, C. *Doses e parcelamento de potássio em quatro cultivares de arroz irrigados por aspersão*. 2000, Monografia (Graduação) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2000.

Received on December 20, 2002.

Accepted on April 25, 2003.