

PRODUTIVIDADE DO ARROZ IRRIGADO POR ASPERSÃO EM FUNÇÃO DO ESPAÇAMENTO E DA DENSIDADE DE SEMEADURA¹

CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL², JOSÉ RICARDO MACHADO²,
ORIVALDO ARF³ e RICARDO ANTONIO FERREIRA RODRIGUES⁴

RESUMO - Com o objetivo de estudar o efeito de três espaçamentos entre fileiras (30, 40 e 50 cm) e três densidades de semeadura (100, 150 e 200 sementes viáveis/m²) sobre o desenvolvimento da planta, os componentes da produção e a produtividade do arroz irrigado por aspersão até a tensão de reposição de água de -0,070 MPa, foi instalado um experimento em condições de campo, em um Latossolo Vermelho-Escuro, epieutrófico, textura argilosa, em Selvíria, MS. A cultivar avaliada foi a IAC 201. Esta cultivar apresenta suscetibilidade ao acamamento, no sistema de irrigação por aspersão, até uma tensão de reposição de água, no solo, de -0,070 MPa. O número de colmos e de panículas é incrementado com a redução do espaçamento. A densidade de 100 sementes/m² é a mais indicada para a cultivar IAC 201 irrigada por aspersão, por proporcionar menor gasto de sementes. O espaçamento de 30 cm entre fileiras de plantas proporciona maior produtividade de grãos da cultivar IAC 201 no sistema de irrigação por aspersão.

Termos para indexação: culturas, componentes da produção, fenologia, irrigação, desenvolvimento da planta.

YIELD OF UPLAND RICE CULTIVATED UNDER SPRINKLER IRRIGATION AS A FUNCTION OF ROW SPACING AND SEED DENSITY

ABSTRACT - Plant development, plant phenology, yield components and grain yield of upland rice, cv. IAC 201, submitted to three different row spacings (30, 40 and 50 cm) and densities (100, 150 and 200 viable seeds/m²) were studied. The experiment was set under field conditions in a Dark-Red Latosol, loamy texture, in Selvíria, MS, Brazil, under sprinkler irrigation conditions with water replacement tension of -0.070 MPa. The number of stalks and panicles per area increased with row spacing reduction; density of 100 viable seeds/m² is more indicated for IAC 201 cultivated under sprinkler irrigation conditions, because seed spend is smaller; row spacing of 30 cm allowed the maximum grain yield.

Index terms: crops, yield components, phenology, irrigation, plant development.

INTRODUÇÃO

A irrigação por aspersão é uma alternativa para solucionar o problema de veranicos, caracterizados pela ocorrência de períodos de estiagem durante a estação chuvosa, na cultura do arroz de sequeiro, e confere estabilidade na produção, podendo ainda aumentar a produtividade e melhorar a qualidade dos grãos. A estabilidade de produção proporcionada pelo uso da irrigação por aspersão estimula o uso de práticas de maior nível tecnológico, como maior nível de adubação, com conseqüente aumento de produtividade. Além disso, como é utilizado o equipa-

¹ Aceito para publicação em 22 de julho de 1999.

Extraído da Dissertação de Mestrado apresentada pelo primeiro autor à Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Botucatu. Projeto financiado pela FAPESP.

² Eng. Agrôn., Dr., Dep. de Agricultura e Melhoramento Vegetal, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Caixa Postal 237, CEP 18603-970 Botucatu, SP. E-mail: secdamv@fca.unesp.br

³ Eng. Agrôn., Dr., Dep. de Fitotecnia, Faculdade de Engenharia, UNESP, Caixa Postal 31, CEP 15385-000 Ilha Solteira, SP. E-mail: gd@adm.feis.unesp.br

⁴ Eng. Agrôn., Dr., Dep. de Engenharia Rural, Faculdade de Engenharia, UNESP, Caixa Postal 31, CEP 15385-000 Ilha Solteira, SP.

mento adquirido para irrigar outras culturas na entressafra, o cultivo do arroz contribui para amortizar o investimento inicial.

Em virtude de a irrigação por aspersão estar sendo empregada mais recentemente, têm sido utilizadas técnicas agrícolas adaptadas do sistema de produção de arroz de sequeiro, o que tem resultado em acamamento de algumas cultivares, uso inadequado de adubação, espaçamento e densidade de semeadura. Contudo, em decorrência de a maioria dos resultados de pesquisas encontradas na literatura serem sobre a cultura do arroz de sequeiro ou irrigado por inundação, há falta de informações sobre o cultivo com irrigação por aspersão.

De modo geral, as recomendações de espaçamento e densidade de semeadura para a cultura do arroz de sequeiro são de 100 a 200 sementes viáveis por metro quadrado, distribuídas em espaçamentos que variam de 40 a 60 cm (Embrapa, 1976; Mendes, 1978; Casão Júnior, 1980; Fornasieri Filho, 1983; Sant'Ana, 1989; Campos, 1991). Com irrigação por aspersão, têm-se obtido melhores produtividades em espaçamentos intermediários aos recomendados para os sistemas de sequeiro e irrigados por inundação. De maneira geral, há tendência de aumento na produtividade com a redução do espaçamento, em relação ao recomendado para o sistema de sequeiro, chegando a espaçamentos próximos ou iguais aos recomendados para o sistema irrigado por inundação (Oliveira et al., 1977; Heckler, 1979; Santos, 1990; Arf, 1993; Stone & Pereira, 1994a, 1994b). No entanto, tal resultado nem sempre é constatado, quando da utilização de cultivares com características morfológicas diferentes (Arf, 1993; Stone & Pereira, 1994a, 1994b).

Este trabalho teve por objetivo determinar as combinações mais adequadas de espaçamento entre fileiras e densidades de semeadura do arroz, utilizando a cultivar IAC 201, irrigado por aspersão para reposição de água no solo quando a tensão indicava -0,070 MPa.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi instalado em uma área experimental localizada no município de Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, pertencente à Faculdade de Engenharia da UNESP, Campus de Ilha Solteira, 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-Escuro, epieutrófico álico, textura argilosa. A precipitação média anual é de 1.370 mm, a temperatura média anual está ao redor 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 método proposto por Raij & Quaggio (1983), e cujos resultados estão contidos na Tabela 1.

A capacidade de retenção de água no solo foi determinada utilizando-se uma unidade de sucção empregada por Grohmann (1960), na faixa de 0,002 MPa a 0,01 MPa, aparelhos de pressão de placa porosa recomendados por Richards & Fireman (1943), na faixa de 0,033 MPa a 0,101 MPa, e a membrana de Richards (1947), na faixa de 0,101 MPa a 1,520 MPa. A Tabela 2 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.

Durante a condução do experimento foram determinadas, diariamente, a temperatura mínima, média e máxima do ar, no Posto Meteorológico da Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, da UNESP, distante, aproximadamente, 500 m do local. A precipitação pluvial foi determinada em um pluviômetro instalado na área do experimento. Os dados dos elementos climáticos estão representados na Fig. 1.

O trabalho foi realizado no ano agrícola de 1993/94. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas por três densidades de semeadura (100, 150 e 200 sementes viáveis por metro quadrado) e as subparcelas, por três espaçamentos entre fileiras (30, 40 e 50 cm), com quatro repetições.

As subparcelas mediram 6 m de comprimento, com cinco, seis e oito fileiras, nos espaçamentos de 50, 40 e 30 cm, respectivamente, das quais duas laterais, e 50 cm nas extremidades constituíram a bordadura.

Como indicativo do momento de realizar as irrigações, foram instalados tensiômetros, constituídos de colunas de mercúrio, a 10 e 20 cm de profundidade (Faria, 1987). As irrigações foram realizadas quando as médias das leituras nas colunas de mercúrio indicaram os valores correspondentes a -0,070 MPa. A quantidade de água aplicada em cada irrigação, e as leituras nas colunas de mercúrio, referentes a esta tensão, nas profundidades indicadas, estão contidas na Tabela 3.

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

P resina (mg/dm ³)	MO ¹ (g/dm ³)	pH (CaCl ₂)	K ⁺ -----	Ca ²⁺ (mmol _c /dm ³)	Mg ²⁺ -----	H + Al	Al ³⁺	V (%)
25	30	6,3	2,2	39	24	17	0	79

¹ Matéria orgânica.

TABELA 2. Capacidade de retenção de água do solo da área experimental, expressa em porcentagem de peso (%).

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

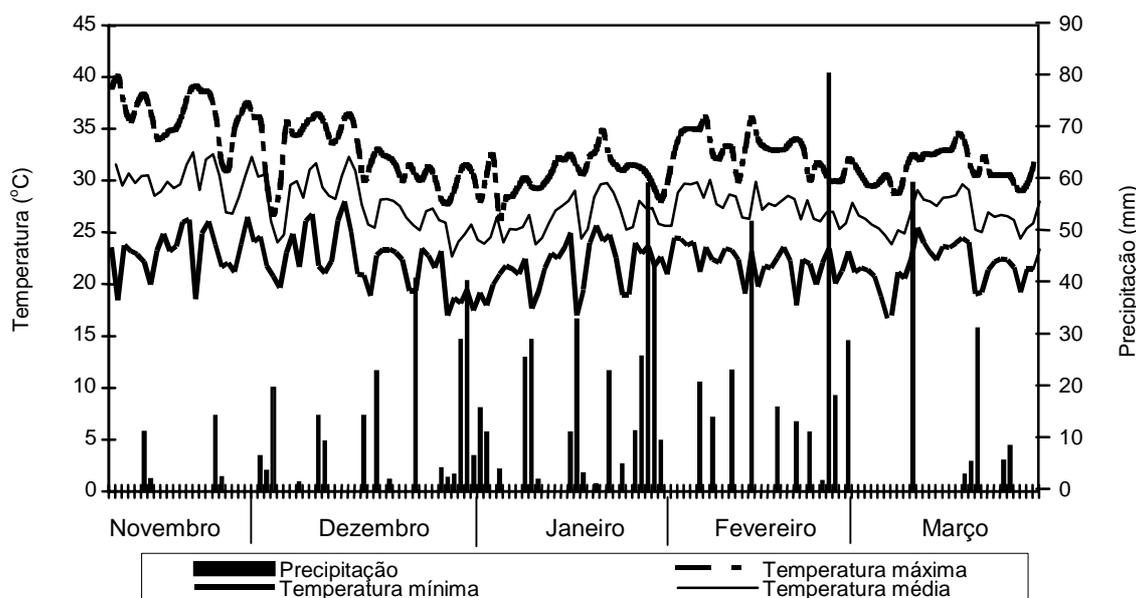


FIG. 1. Precipitação pluvial (mm) e temperaturas máxima, mínima e média (°C) registradas no ano agrícola 1993/94. Fazenda de Ensino e Pesquisa, UNESP, Selvíria, MS.

Foram realizadas quatro irrigações durante o ciclo da cultura, nas seguintes datas: 2/12/93, 10/12/93, 13/1/94 e 4/2/94.

A cultivar utilizada foi a IAC 201, proveniente do Instituto Agronômico. IAC 201 é a denominação comercial da linhagem de arroz de sequeiro: porte médio (100 cm), ciclo precoce (110-120 dias), 78-90 dias da emergência ao

florescimento (Instituto Agronômico, 1992).

O solo foi preparado por meio 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 constou da aplicação, nos sulcos de semeadura, de 250 kg/ha da formulação 4-30-10 e 40 kg/ha de FTE BR-12 como fonte de micronutrientes (B = 1,3%,

Cu = 0,30%, Fe = 3,0%, Mn = 2,0%, Mo = 0,1% e Zn = 9,0%).

A semeadura foi realizada no dia 25/11/93, e junto com as sementes aplicou-se 1,5 kg/ha de i.a. de carborufan 5G, visando principalmente ao controle de cupins (*Syntermes molestus*, *Procornitermes striatus* e *Cornitermes lespeyii*) e lagarta-elasma (*Elasmopalpus lignosellus*). A emergência das plântulas ocorreu seis dias após a semeadura, ou seja, em 1/12/94.

O controle de plantas daninhas foi realizado por meio do herbicida oxadiazon (1 kg/ha de i.a.) em pré-emergência, um dia após a semeadura, e 2,4-D (670 g/ha de i.a.) em pós-emergência, no dia 22/12/93.

A adubação de cobertura foi realizada 50 dias após a emergência das plantas, com 30 kg/ha de N na forma de sulfato de amônio.

A colheita do arroz foi efetuada manualmente e individualmente por subparcela, quando os grãos dos 2/3 superiores de 50% das panículas apresentaram-se com maturação completa. A trilha foi realizada manualmente; a secagem, à sombra, e a limpeza do material, separando-se a palha e as espiguetas chochas com auxílio de uma peneira, por abanação manual, e determinou-se o peso dos grãos. Calculou-se a produtividade de grãos em kg/ha, e a umidade foi corrigida para 13%.

Os parâmetros avaliados foram os seguintes: florescimento (número de dias após a emergência (DAE) até o florescimento de 50% das panículas); maturação (número de DAE até a maturação de 90% das panículas); altura da planta (cm), acamamento, número de colmos/m², número de panículas/m², número total de espiguetas por panícula, fertilidade das espiguetas, massa de 1.000 grãos e massa hectolétrica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas apresentaram florescimento 72 DAE e ciclo de 96 dias. Os resultados foram semelhantes aos observados por Oliveira (1994). A altura das plan-

tas (Tabela 4) não foi influenciada pelos tratamentos testados, o que concorda com os resultados obtidos por Arf (1993) e Oliveira (1994). Por outro lado, discordam de Oliveira et al. (1977), segundo os quais o aumento do espaçamento e da densidade de semeadura proporcionaram um aumento significativo na altura de plantas; e de Santos et al. (1988), que verificaram incremento na altura de planta com a redução da densidade de semeadura e aumento do espaçamento, nos tratamentos que receberam controle de pragas. Oliveira (1994), trabalhando com a mesma cultivar, no mesmo local e ano agrícola, e com irrigação por aspersão, com frequência de irrigação maior, obteve uma média de 14 cm menor que a altura obtida no presente trabalho.

Quanto à ocorrência de acamamento das plantas (Tabela 4), verificou-se, de modo geral, que todos os tratamentos proporcionaram um índice de acamamento de 15%, com exceção das densidades de 150 sementes/m², que apresentou um índice aproximado de 5%, e a densidade de 200 sementes/m², que apresentou um índice de 30% de acamamento. Quanto aos demais tratamentos, não houve uma diferença significativa entre eles. Assim, embora o índice de acamamento tenha sido baixo, a cultivar IAC 201 apresentou problema de acamamento quando irrigada por aspersão até a tensão de reposição de água, no solo, de -0,070 MPa, o que evidencia a necessidade do desenvolvimento de cultivares mais adaptadas à irrigação por aspersão.

O número de colmos/m² foi afetado significativamente pelo espaçamento e pela interação densidade e espaçamento (Tabela 4). O desdobramento da interação está indicado na Tabela 5. Quanto aos resultados de espaçamento dentro de densidade, ocorreu efeito significativo na densidade de 100 sementes/m², na qual o espaçamento de 30 cm apresentou maior número de colmos/m², diferindo significativamente dos demais espaçamentos.

Analisando-se os resultados de densidades dentro de espaçamento, verifica-se efeito significativo somente no espaçamento de 30 cm, em que houve diferença estatística entre a densidade de 100 sementes/m², que resultou em maior número de colmos do que a densidade de 150 sementes/m², porém não diferiram da densidade de 200 sementes/m². Os resultados, em parte, concordam com os obtidos por

TABELA 3. Profundidade dos tensiômetros no solo, altura da coluna de mercúrio indicativa de irrigação e lâmina bruta aplicada em cada irrigação.

Profundidade (cm)	Tensiômetro (altura em cm de Hg)	Lâmina (mm)
10	59,0	5,66
20	59,8	11,32

TABELA 4. Altura da planta, valores de acamamento, número de colmos e de panículas por metro quadrado, número total de espiguetas/panícula e fertilidade das espiguetas. Valores médios obtidos para tratamentos em arroz irrigado por aspersão (-0,070 MPa). Selvíria, MS¹.

Tratamentos	Altura da planta (cm)	Acamamento (%)	Colmos/m ²	Panículas/m ²	Espiguetas/panícula	Fertilidade das espiguetas (%)
Densidade (sementes/m ²)						
100	113	15	184	155	228a	67,4
150	115	5	168	136	201b	72,2
200	118	30	189	152	191b	79,2
Espaçamento (cm)						
30	115	15	218	183a	209	71,7
40	116	15	168	141b	201	73,2
50	115	15	154	119b	210	74,0
Teste F						
Densidade (D)	1,60 ^{ns}		0,89 ^{ns}	1,19 ^{ns}	10,72**	11,18**
Espaçamento (E)	0,63 ^{ns}		13,75**	15,47**	0,87 ^{ns}	1,05 ^{ns}
D * E	0,74 ^{ns}		3,46*	2,19 ^{ns}	2,09 ^{ns}	2,91*
DMS						
Densidade			-	-	25	7,7
Espaçamento			33	30	-	-
CV (%)	3,47		17,70	19,52	8,76	5,42

¹ Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

^{ns}, * e ** Não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Oliveira et al. (1977) e Santos et al. (1988), que obtiveram maior número de colmos por metro quadrado na interação do menor espaçamento com a maior densidade de semeadura.

Observando-se o número de colmos/m² dentro de cada densidade, e supondo-se que, teoricamente, cada semente resulta em uma planta, pode-se considerar que à medida que se aumentou a densidade de semeadura houve diminuição no perfilhamento da cultivar IAC 201, ou seja, na densidade de 100 sementes/m² o perfilhamento foi de 0,84 perfilhos por planta, na de 150 sementes/m², foi de 0,12 perfilhos por planta, e na de 200 sementes/m² praticamente não ocorreu emissão de perfilhos. Provavelmente, na densidade de 200 sementes/m² ocorreu morte de plantas, ou, ainda, morte de gemas ou perfilhos até o momento da determinação do número de colmos/m². A explicação para tal fato é provavelmente, que nas maiores densidades há maior competição intra-específica entre plantas.

Os resultados quanto ao número de panículas/m² (Tabela 4) revelaram diferenças significativas entre

TABELA 5. Efeito da interação espaçamento entre fileiras x densidade de semeadura sobre o número de colmos por metro quadrado e fertilidade das espiguetas do arroz, cv. IAC 201, irrigado por aspersão (-0,070 MPa). Selvíria, MS¹.

Densidades (sementes/m ²)	Espaçamentos (cm)		
	30	40	50
Número de colmos/m ²			
100	257aA1	166aB	128aB
150	194bA	165aA	145aA
200	205abA	173aA	188aA
Fertilidade das espiguetas (%)			
100	68,5bA	69,8bA	64,0bA
150	69,5abA	71,3abA	75,9aA
200	77,1aA	78,5aA	82,1aA

¹ Médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

os espaçamentos, nas quais a utilização de 30 cm entre fileiras proporcionou maior número de panículas/m² (183), decorrente do maior número de

colmos/m². O aumento do número de panículas/m² decorrente da diminuição do espaçamento entre fileiras, também foi constatado por Oliveira et al. (1977), Santos et al. (1988), Arf (1993), e Stone & Pereira (1994a).

O número total de espiguetas por panícula (Tabela 4) foi afetado apenas pela densidade de semeadura, apresentando a de 100 sementes/m² o maior valor (228), estatisticamente diferente dos demais. Os resultados são concordantes com Santos et al. (1988) e em parte com Oliveira et al. (1977), que também observaram uma diminuição do número total de espiguetas com o aumento da densidade de semeadura, nas quais os resultados se ajustaram a uma função linear negativa. Esses resultados foram decorrentes, provavelmente, da deficiência hídrica momentânea que ocorre nas plantas nas horas mais quentes do dia, ocasionada pela maior evapotranspiração durante a fase reprodutiva, agravada ainda mais em altas densidades de plantas (Andrade et al., 1971; Santos et al., 1986).

Durante a fase reprodutiva, a radiação solar exerce influência marcante sobre a produção, por provocar alterações no número de espiguetas por panícula (De Datta & Zarate, 1970; Murata, 1976; Yoshida &

Parao, 1976; Evans & De Datta, 1979; Yoshida, 1981). Assim, a diminuição do número total de espiguetas por panícula pelo aumento da densidade de semeadura pode ser explicada pela competição que se estabelece entre as plantas por luz e por água, quando em altas densidades.

Ao analisar os resultados de fertilidade das espiguetas, verifica-se efeito significativo da densidade e da interação densidade x espaçamento (Tabela 4). Os resultados da interação são apresentados na Tabela 5. Quanto ao espaçamento dentro de densidade, não houve efeito significativo. Já para densidade dentro de espaçamento, observa-se efeito significativo nos três espaçamentos; a densidade de 200 sementes/m² propiciou maiores valores, diferindo estatisticamente da densidade de 100 sementes/m². Em razão dos dados obtidos, constata-se que a densidade influencia mais a fertilidade das espiguetas do que o espaçamento.

A massa de 1.000 grãos e hectolétrica não foram influenciadas significativamente pelos espaçamentos (Tabela 6), o que não concorda com os resultados obtidos por Arf (1993), o qual verificou aumento significativo da massa de 100 grãos e massa hectolétrica com a redução do espaçamento, e por Oliveira et al.

TABELA 6. Massa de 1.000 grãos e hectolétrica, e produtividade de grãos. Valores médios obtidos para tratamentos em arroz irrigado por aspersão (-0,070 MPa). Selvíria, MS¹.

Tratamentos	Massa de 1.000 grãos (g)	Massa hectolétrica (g)	Produtividade de grãos (kg/ha)
Densidade (sementes/m ²)			
100	24,2	55,7	4852
150	24,0	55,1	4739
200	25,1	54,1	4989
Espaçamento (cm)			
30	24,5	54,0	5865a
40	24,2	55,1	4400b
50	24,7	55,8	4315b
		Teste F	
Densidade (D)	3,44 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,96 ^{ns}
Espaçamento (E)	0,61 ^{ns}	2,02 ^{ns}	39,65 ^{**}
D * E	0,49 ^{ns}	1,41 ^{ns}	2,82 ^{ns}
DMS para espaçamento			500
CV (%)	4,94	4,09	9,87

¹ Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

^{ns} e ^{**} Não-significativo e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente.

(1977) e Stone & Pereira (1994a), que verificaram aumento da massa de 100 grãos com o aumento do espaçamento entre fileiras. Entretanto, os resultados obtidos por Arf (1993) e Oliveira (1994) quanto aos dois parâmetros são concordantes com os obtidos no presente trabalho, no qual a densidade de semeadura não exerceu nenhum efeito significativo.

A produtividade de grãos (Tabela 6) foi afetada pelo espaçamento entre fileiras, tendo alcançado maior valor com a utilização de 30 cm, que diferiu estatisticamente dos espaçamentos de 40 e 50 cm. A variação da densidade de semeadura não resultou em incremento significativo sobre a produtividade de grãos.

A produtividade de grãos alcançada no espaçamento de 30 cm entre fileiras pode ser atribuída ao maior número de panículas, resultante do maior número de colmos/m² obtido nesse espaçamento. Esses resultados são concordantes, quanto ao espaçamento, com os obtidos por Oliveira et al. (1977), Santos (1990), Arf (1993) e Stone & Pereira (1994a), que também relacionaram maior produtividade de grãos ao maior número de panículas/m² alcançado nos menores espaçamentos entre fileiras. Quanto à densidade de semeadura, verifica-se que não houve efeito sobre a produtividade de grãos, o que discorda dos resultados obtidos por Heckler (1979), Arf (1993) e Oliveira (1994), que constataram redução na produtividade com o aumento da densidade, e de Oliveira et al. (1977), que concluiu o oposto, ou seja, aumento da produtividade de grãos com aumento da densidade. Em função dos resultados, a utilização da menor densidade, uma vez não constatado efeito desse fator sobre a produtividade de grãos, seria a melhor opção, já que proporcionaria menor gasto de sementes por área, 66,6% e 50%, respectivamente, em relação as densidades de 150 sementes/m² e de 200 sementes/m².

CONCLUSÕES

1. A cultivar de arroz IAC 201 apresenta suscetibilidade ao acamamento sob irrigação por aspersão até uma tensão de reposição de água no solo de -0,070 MPa.

2. O número de colmos e de panículas é incrementado com a redução do espaçamento.

3. A densidade de 100 sementes/m² é a mais indicada para a cultivar de arroz IAC 201 irrigada por aspersão, por proporcionar menor gasto de sementes.

4. O espaçamento de 30 cm entre fileiras de plantas de arroz da cultivar IAC 201 proporciona maior produtividade de grãos sob irrigação por aspersão.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, D.; GALVÃO, J.D.; BRANDÃO, S.S.; GOMES, F.R. Efeito do espaçamento entre fileiras e densidade de plantio sobre a produção do arroz "de sequeiro". *Experientiae*, Viçosa, v.11, n.3, p.135-161, 1971.
- ARF, O. **Efeitos de densidades populacionais e adubação nitrogenada sobre o comportamento de cultivares de arroz irrigado por aspersão**. Ilha Solteira : UNESP-Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 1993. 63p. Tese de Livre-Docência.
- CAMPOS, U.C. **Influência do espaçamento e densidade de semeadura sobre algumas características agrônômicas e qualidade de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) de sequeiro, cv. Guarani**. Lavras : ESAL, 1991. 93p. Dissertação de Mestrado.
- CASÃO JÚNIOR, R. **Semeadura, densidade e espaçamento**. Londrina : IAPAR, 1980. p.19-21. (IAPAR. Circular,19).
- DE DATTA, S.K.; ZARATE, P.M. Environmental conditions affecting the growth characteristics, nitrogen response, and grain yield of tropical rice. *Biometeorology*, Columbia, v.4, p.71-89, 1970.
- EMBRAPA. Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual (Teresina, PI). Projeto arroz: estudo sobre espaçamento x densidade na cultura do arroz em condições de sequeiro no Estado do Piauí. In: ———. **Relatório de atividades**. Teresina, 1976. p.11-13.
- EVANS, L.T.; DE DATTA, S.K. The relations between irradiance and grain yield of irrigated rice in the tropics, as influenced by cultivar, nitrogen fertilizer application and month of planting. *Field Crops Research*, Amsterdam, v.2, p.1-17, 1979.
- FARIA, R.T. **Tensiômetro**: construção, instalação e utilização: um aparelho simples para se determinar quando irrigar. Londrina : IAPAR, 1987. 23p. (IAPAR. Circular Técnica, 56).

- FORNASIERI FILHO, D. Manejo da cultura de arroz de sequeiro: semeadura e cultivos. In: FERREIRA, M.E.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. (Ed.). **Cultura do arroz de sequeiro: fatores afetando a produtividade**. Piracicaba : POTAFOS, 1983. p.271-281.
- 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.
- HECKLER, J.C. **Espaçamento e densidade de semeadura para o arroz de sequeiro em Mato Grosso do Sul**. Dourados : Embrapa-UEPAE Dourados, 1979. p.1-6. (Comunicado Técnico, 2).
- INSTITUTO AGRONÔMICO (Campinas, SP). **Agulhinha de sequeiro: IAC 201**. Campinas, 1992. não paginado.
- MENDES, N.C. **Espaçamento e densidades de semeadura para cultura do arroz de sequeiro no sul do Estado do Mato Grosso**. Dourados : Embrapa-UEPAE Dourados, 1978. 26p. (Comunicado Técnico, 2).
- MURATA, Y. Productivity of rice in different climatic regions of Japan. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (Los Baños, Filipinas). **Climate and rice**. Los Baños, 1976. p.449-469.
- OLIVEIRA, A.B.; BRANDÃO, S.S.; CONDÉ, A.R.; GIÚDICE, R.M. del. Espaçamento entre fileiras de plantio em dois cultivares de arroz, sob irrigação por aspersão. **Revista Ceres**, Viçosa, v.24, n.135, p.427-443, 1977.
- 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**. Ilha Solteira : UNESP-Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 1994. 41p.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas : Instituto Agronômico, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81).
- RICHARDS, L.A. Pressure membrane apparatus construction and use. **Agriculture Engineering**, St. Joseph, v.28, p.451-454, 1947.
- RICHARDS, L.A.; FIREMAN, M. Pressure-plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils. **Soil Science**, Baltimore, v.56, p.395-404, 1943.
- SANT'ANA, E.P. Cultivo de arroz irrigado por aspersão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.14, n.161, p.71-75, 1989.
- SANTOS, A.B. **Comportamento de cultivares de arroz de sequeiro em diferentes populações de plantas, com e sem irrigação suplementar**. Piracicaba : ESALQ, 1990. 94p. Tese de Doutorado.
- SANTOS, A.B.; CUTRIM, V.A.; CASTRO, E.M. Comportamento de linhagens de arroz irrigado no aproveitamento de soca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.6, p.673-675, jun. 1986.
- SANTOS, A.B.; FERREIRA, E.; AQUINO, A.R.L.; SANT'ANA, E.P.; BALDT, A.F. População de plantas e controle de pragas em arroz com complementação hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.4, p.397-404, abr. 1988.
- STONE, L.F.; PEREIRA, A.L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão: efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar na produtividade e nutrição do arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.11, p.1701-1713, nov. 1994a.
- STONE, L.F.; PEREIRA, A.L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão: efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar no crescimento, desenvolvimento radicular e consumo d'água do arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.10, p.1577-1592, out.1994b.
- YOSHIDA, S. Climatic environment and its influence. In: YOSHIDA, S. (Ed.). **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños : International Rice Research Institute, 1981. cap.2, p.65-110.
- YOSHIDA, S.; PARAO, F.T. Climatic influence on yield and yield components of lowland rice in the tropics. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (Los Baños, Filipinas). **Climate and rice**. Los Baños, 1976. p.471-491.