

Inoculação com *Azospirillum brasilense*, manejos de água e doses de nitrogênio para o arroz irrigado por aspersão⁽¹⁾

Renato Jaqueto Goes⁽²⁾; Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues⁽³⁾; Orivaldo Arf⁽⁴⁾; Anderson Teruo Takasu⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da AGRISUS.

⁽²⁾ Doutorando em Sistemas de Produção; Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; Ilha Solteira, SP; renato_goes5@yahoo.com.br; ^(3,4) Professor; Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; Ilha Solteira, SP; ricardo@agr.feis.unesp.br; arf@agr.feis.unesp.br; ⁽⁵⁾ Mestrando em Sistemas de Produção; Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; Ilha Solteira, SP; teruounesp@yahoo.com.br.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*, manejo de água e doses de nitrogênio na cultura do arroz. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados no esquema fatorial 2 x 2 x 5 com quatro repetições. Os tratamentos foram: a inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* (ausência e presença), irrigação (irrigado + precipitação pluvial e não irrigado + precipitação pluvial) e doses de nitrogênio em cobertura (0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹). Como fonte de nitrogênio utilizou-se o sulfato de amônio (22% N). A irrigação aumenta a altura de plantas, o acamamento e a produtividade de grãos. As doses de N incrementam os teores de N foliar e na planta e reduzem a massa de 100 grãos e a produtividade. A inoculação com *Azospirillum brasilense* reduz a produtividade de grãos em relação ao tratamento sem inoculação devido aos maiores índices de acamamento.

Termos de indexação: *Oryza sativa*, adubação, terras altas.

INTRODUÇÃO

O arroz e o feijão são constituintes básicos da alimentação brasileira. A área cultivada com arroz na safra 2012/13 teve redução em relação à safra 2011/12, e o Mato Grosso do Sul foi o Estado com a maior produtividade na região Centro – Oeste com 6.420 kg ha⁻¹ (Conab, 2013).

Nesta região predomina o cultivo de arroz em terras altas que possui alta sensibilidade à ocorrência de períodos de estiagem exigindo-se a irrigação suplementar a qual pode ser mais prejudicial se ocorrer durante o florescimento (Fornasieri Filho & Fornasieri, 2006). Crusciol et al. (2003) verificaram que o uso da irrigação proporcionou aumento na altura de plantas e no número de espiguetas por panícula, massa de 1000 grãos e produtividade do cultivar IAC 201. Além disso, Medeiros et al. (2005) concluíram que a

disponibilidade de água no solo influi a absorção de nitrogênio (N).

O N é constituinte de proteínas, ácidos nucleicos e da molécula de clorofila e o seu consumo inicia-se lentamente com a emergência das plântulas, com a máxima intensidade no florescimento (Fornasieri Filho & Fornasieri, 2006). Neves et al. (2004) obtiveram resposta à aplicação de 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura e mais duas coberturas de 40 kg ha⁻¹ de N. Boldieri et al. (2010) ressaltam que o N deve ser fornecido de forma a minimizar os riscos de poluição ambiental e maximizar o retorno econômico.

Neste sentido, a fixação biológica do N, processo pelo qual microrganismos diazotróficos conseguem transformar o N₂ atmosférico em formas assimiláveis pelas plantas pode ser um mecanismo interessante para o fornecimento deste nutriente. Dentre as bactérias diazotróficas que formam associação com gramíneas, destacam-se os gêneros *Azospirillum*, *Gluconacetobacter*, *Herbaspirillum*, *Azoarcus*, *Burkholderia*. Didonet et al. (2003) verificaram aumento da parte aérea das plântulas, no número de raízes e na quantidade de ramificações radiculares.

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*, manejo de água e doses de nitrogênio em algumas características agrônomicas e produtividade da cultura do arroz, cv. Primavera.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP/FEIS localizada em Selvíria, MS, Brasil, situada a 51° 22' de longitude oeste e 20° 22' de latitude sul, com altitude de 335m. O solo do local é do tipo Latossolo Vermelho de textura argilosa (Santos et al., 2006). A temperatura média anual é de 23,5 °C, com precipitação anual de 1.370 mm e a umidade relativa do ar varia entre 70 e 80% (Centurion, 1982).

Foram coletadas amostras de solo da área na profundidade de 0,0 a 0,2 m, e realizada a análise química de acordo com a metodologia proposta por Raij & Quaggio (2001) a qual revelou as seguintes características: MO, 21 g dm⁻³; P (resina), 35 mg dm⁻³; pH (CaCl₂), 5,5; K, Ca, Mg e H+Al, 1,7, 21, 11 e 20 mmol_c dm⁻³, respectivamente e V% = 63%.

Para o preparo do solo utilizou-se uma escarificação seguida de gradagem niveladora. Em novembro/2012 realizou-se a semeadura do cultivar Primavera na densidade de 200 sementes m⁻² e espaçamento de 0,35 m entrelinhas. Quanto aos tratamentos que receberam o inoculante, realizou-se a inoculação das sementes à sombra com as estirpes Ab-V₅ e Ab-V₆. O produto comercial apresentava 2 x 10⁸ células viáveis por grama e a dose utilizada foi de 200 g para 25 kg de sementes.

No cálculo da quantidade de fertilizante utilizado, considerou-se as características químicas do solo, a produtividade esperada e as recomendações de Cantarella & Furlani (1996), sendo aplicados 250 kg ha⁻¹ do formulado 04-30-10 na linha de semeadura.

Para o controle de plantas daninhas realizou-se a aplicação em pré-emergência de 1.400 g ha⁻¹ do i.a. de pendimetalina logo após a semeadura. Em pós-emergência utilizou-se 2,4 g ha⁻¹ do i.a. de metsulfurom metílico no início do perfilhamento e 1.209 g ha⁻¹ do i.a. de 2,4-D entre o perfilhamento ativo e o emborrachamento.

Para o fornecimento de água foram utilizadas leituras diárias de evaporação do tanque Classe A. O coeficiente do Tanque Classe A (Kp) utilizado foi o proposto por Doorenbos & Pruitt (1976), o qual é função da área circundante, velocidade do vento e umidade relativa do ar. Posteriormente, multiplicou-se os valores de evaporação do tanque com os coeficientes de cultura (Kc) obtendo-se os valores de evapotranspiração da cultura (ET_c). Na fase vegetativa foi utilizado o valor de 0,4; para a fase reprodutiva foram dois Kc, o inicial de 0,70 e o final de 1,00 e durante a fase de maturação estes valores foram invertidos, ou seja, o inicial de 1,00 e o final de 0,70 (Rodrigues et al., 2004). A reposição de água foi realizada quando a evapotranspiração da cultura (ET_c) acumulada atingiu os valores próximos da água disponível do solo (ADS) pré-estabelecidos.

Os tratamentos foram constituídos pela combinação entre inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* (não inoculado e inoculado), irrigação (irrigado + precipitação pluvial e não irrigado + precipitação pluvial) e doses de nitrogênio em cobertura (0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹). O nitrogênio foi fornecido às plantas quando estas estavam no perfilhamento ativo e como fonte deste nutriente utilizou-se sulfato de amônio (22% de N).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados no esquema fatorial 2 x 2 x 5 com quatro repetições. As parcelas experimentais

foram compostas por cinco linhas de 4,5 m de comprimento, espaçadas 0,35 m, totalizando 7,87 m². As avaliações foram realizadas na área útil das parcelas composta pelas três linhas centrais.

Após 90% das panículas apresentarem coloração típica de maduros realizou-se a colheita de duas linhas centrais de cada parcela desprezando-se 0,5m nas extremidades. Neste experimento foram realizadas as seguintes avaliações: a) altura de plantas: determinou-se por ocasião da maturação dos grãos em quinze plantas da parcela, tendo como referência a distância compreendida entre a superfície do solo e a extremidade superior da panícula mais alta; b) acamamento: obtido pela avaliação visual na fase de maturação, utilizando-se a seguinte escala de notas: 0 – sem acamamento; 1 – até 5% de plantas acamadas; 2 – de 5 a 25%; 3 – de 25 a 50%; 4 – de 50 a 75% e 5 – de 75 a 100% de plantas acamadas; c) teor de nitrogênio foliar: foram coletadas vinte folhas bandeira por parcela em seguida estas foram secas em estufa de ventilação forçada a 65°C durante 48 horas e depois foram moídas em moinho tipo Wiley e submetidas à análise química para determinação do N de acordo com a metodologia proposta por Malavolta et al. (1997); d) teor de N na planta: por ocasião da colheita coletou-se 0,5 m de plantas na linha de semeadura, em seguida as panículas foram retiradas das plantas e, para determinação do teor de N na planta, seguiu-se o mesmo procedimento para o teor de N foliar; e) massa de 100 grãos: foram realizadas pesagens de duas subamostras de 100 grãos corrigindo-se os valores para 13% de umidade (base úmida); f) produtividade de grãos: foi determinada pela pesagem dos grãos em casca, provenientes de três linhas centrais de cada parcela, corrigindo o teor de água dos grãos para 13% (base úmida).

Para a análise estatística dos resultados obtidos, utilizou-se o software ESTAT, aos níveis de 1 e 5% de probabilidade. A comparação das médias entre inoculação e irrigação foi realizada pelo teste de Tukey e quando verificado efeito de doses, interação doses x manejo de água ou doses x inoculação foi realizada análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O manejo irrigado aumentou a altura de plantas (**Tabela 1**) em 7,2 cm. Observou-se no desdobramento (**Tabela 2**) que houve ajuste linear positivo da altura de plantas tanto na ausência quanto na presença da inoculação. Buzetti et al. (2006) também verificaram aumento da altura de plantas dos cultivares IAC 201 e IAC 202 até a dose de 150 kg ha⁻¹ de N.

Para o acamamento de plantas (**Tabela 1**), comparando-se irrigação dentro de doses (**Tabela 3**), observou-se que a esta aumentou o

acamamento a partir de 50 kg ha⁻¹ de N e no que se refere à doses dentro de manejos de água, houve ajuste linear positivo no manejo irrigado.

Houve efeito significativo de doses para o teor de N foliar (**Tabela 1**) em que os resultados ajustaram-se de maneira linear positiva.

Tabela 1 – Valores médios de altura de plantas (AP), acamamento (ACAM) e teor de N foliar para a cultura do arroz sob efeito da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*, irrigação e doses de nitrogênio em cobertura. Selvíria, MS, 2011/2012⁽¹⁾.

Tratamentos		AP (cm)	ACAM.	N – foliar (g kg ⁻¹)
Inoculação	Ausência	106,0 a	2,39 a	30,69 a
	Presença	105,6 a	2,44 a	31,50 a
Irrigação	Irrigado	109,4 a	2,60 a	30,87 a
	Não irrigado	102,2 b	2,23 b	31,32 a
Doses de N (kg ha ⁻¹)	0	103,8	2,32 ⁽²⁾	30,14 ⁽³⁾
	25	104,7	2,31	30,36
	50	105,7	2,37	31,02
	75	103,3	2,54	31,46
	100	108,5	2,55	32,50
Teste F	Inoculação (I)	0,12 ^{ns}	1,36 ^{ns}	1,94 ^{ns}
	Irrigação (M)	31,61**	66,91**	0,61 ^{ns}
	Doses de N (D)	1,52 ^{ns}	4,24**	5,13**
	I x M	0,18 ^{ns}	1,36 ^{ns}	1,60 ^{ns}
	I x D	3,36*	0,07 ^{ns}	1,02 ^{ns}
	M x D	0,48 ^{ns}	4,24**	0,89 ^{ns}
	I x M x D	0,19 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,32 ^{ns}
CV (%)		5,39	37,00	8,32

⁽¹⁾ns - não-significativo; * e ** - significativo a 5 e 1% de probabilidade. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey. ⁽²⁾Dados transformados em $(x + 0,5)^{1/2}$. ⁽³⁾ A análise se refere aos dados transformados em raiz quadrática de $x + 0,5$. ⁽²⁾ $Y = 29,93 + 0,02328x$; $R^2 = 0,95$. ⁽³⁾ $Y = 14,67 + 0,0167x$; $R^2 = 0,76$.

Tabela 2 – Desdobramento da interação significativa referente à análise de variância entre inoculação e doses de N em cobertura para altura de plantas. Selvíria, MS, 2011/12⁽¹⁾.

Inoculação	Doses de N (kg ha ⁻¹)				
	0	25	50	75	100
Ausência ⁽²⁾	103,8 a	105,3 a	105,7 a	106,6 a	108,6 a
Presença ⁽³⁾	105,7 a	107,6 a	108,6 a	108,8 a	110,4 a

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey. DMS: 5,7 cm. ⁽²⁾ $Y = 103,8 + 0,0436x$; $R^2 = 0,95$. ⁽³⁾ $Y = 106,1 + 0,0424x$; $R^2 = 0,94$.

Tabela 3 - Desdobramento da interação significativa referente à análise de variância entre irrigação e doses de N em cobertura para acamamento de plantas⁽¹⁾. Selvíria, MS, 2011/12⁽¹⁾.

Irrigação	Doses de N (kg ha ⁻¹)				
	0	25	50	75	100
Irrigado ⁽²⁾	2,41 a	2,39 a	2,56 a	2,85 a	2,87 a
Não irrigado ^(ns)	2,23 a	2,23 a	2,23 b	2,23 b	2,23 b

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey. DMS (manejos de água dentro de dose de N): 0,39. ⁽²⁾ $Y = 2,34 + 0,0055x$; $R^2 = 0,88$. Escala de notas: 0 – sem acamamento; 1 – até 5% de plantas acamadas; 2 – 5 a 25%, 3 – 25 a 50%; 4 – 50 a 75% e 5 – 75 a 100% de plantas acamadas. A análise se refere aos dados transformados em raiz quadrática de $x + 0,5$.

Houve efeito isolado da irrigação e doses de N para o teor de N na planta (**Tabela 4**). O manejo irrigado foi superior e para as doses obteve-se ajuste linear crescente. Isto pode estar relacionado à umidade do solo, pois, conforme Fageria (2006), o processo de absorção do N acontece por fluxo de massa, o qual é altamente influenciado pelo conteúdo de água no solo, portanto, pode-se inferir que a maior disponibilidade hídrica no manejo irrigado aumentou taxa de absorção deste nutriente.

No que se refere à massa de 100 grãos (**Tabela 4**), verificou-se que a inoculação proporcionou grãos mais pesados em relação à testemunha sem inoculação. Quanto às doses de N houve ajuste a um modelo linear decrescente. Arf et al. (2003) e Bordin et al. (2003) não verificaram efeito da aplicação de nitrogênio em cobertura para este componente produtivo.

Quanto à produtividade de grãos (**Tabela 4**) verificou-se que o uso de irrigação aumentou a produtividade de grãos tanto na presença como na ausência de inoculação (**Tabela 5**). No que se refere à inoculação dentro de irrigação, observou-se que a produtividade foi superior no tratamento irrigado sem inoculação. Para doses de N os resultados ajustaram-se a um modelo linear decrescente em função das doses de N. Meira et al. (2005) obtiveram a máxima produtividade na dose de 90 kg ha⁻¹ de N. Cazetta et al. (2008) também observaram acréscimo na produtividade de grãos em função das doses de N no cultivar IAC 202.. Para Farinelli et al. (2004), a dose foi de 75 kg ha⁻¹.

Tabela 4 – Valores médios do teor de N na planta, massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PG) sob efeito da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*, irrigação e doses de nitrogênio em cobertura. Selvíria, MS, 2011/2012⁽¹⁾.

Tratamentos		N – planta (g kg ⁻¹)	M100G	PG
Inoculação	Ausência	15,36 a	2,82 a	3.500
	Presença	15,67 a	2,71 b	3.170
Irrigação	Irrigado	14,73 b	2,80 a	3.834
	Não irrigado	16,31 a	2,73 a	2.837
Doses de N (kg ha ⁻¹)	0	15,03 ⁽²⁾	2,87 ⁽²⁾	3.486 ⁽³⁾
	25	14,78	2,82	3.423
	50	15,48	2,74	3.280
	75	15,53	2,65	3.299
	100	16,75	2,54	3.188
Teste F	Inoculação (I)	0,49 ^{ns}	7,08**	3,35 ^{ns}
	Irrigação (M)	12,93**	3,46 ^{ns}	35,96**
	Doses de N (D)	5,38**	3,16*	3,41**
	I x M	2,38 ^{ns}	0,18 ^{ns}	6,26*
	I x D	0,75 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,12 ^{ns}
	M x D	0,23 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,62 ^{ns}
	I x M x D	1,13 ^{ns}	1,52 ^{ns}	2,49 ^{ns}
CV (%)		12,66	6,75	22,28

⁽¹⁾ns - não-significativo; * e ** - significativo a 5 e 1% de probabilidade. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey. ⁽¹⁾ns - não-significativo; * e ** - significativo a 5 e 1% de probabilidade. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey. ⁽²⁾ $Y = 14,67 + 0,0167x$; $R^2 = 0,76$.

Tabela 5 - Desdobramento da interação significativa referente à análise de variância para produtividade de grãos. Selvíria, MS, 2011/2012⁽¹⁾.

Inoculação	Manejos de água	
	Irrigado	Não irrigado
Ausência	4.207 a A	2.794 b A
Presença	3.460 a B	2.880 b A

⁽¹⁾Médias seguidas de letras minúsculas iguais na linha e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey. DMS: 470,8 kg ha⁻¹.

CONCLUSÕES

A irrigação aumenta a altura de plantas, o acamamento e a produtividade de grãos.

As doses de N incrementam os teores de N foliar, na planta e reduzem a massa de 100 grãos e a produtividade.

A inoculação reduz a produtividade de grãos devido aos maiores índices de acamamento.

REFERÊNCIAS

ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; CRUSCIOL, C.A.C.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S. Manejo do solo e adubação nitrogenada para cultivares de arroz de terras altas irrigadas por aspersão. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.60, n.2, p.348-352, 2003.

BOLDIERI, F.M.; CAZETTA, D.A.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada em cultivares de arroz de terras altas. *Revista Ceres*, v.57, n.3, p.421-428, 2010.

BUZETTI, S.; BAZANINI, G.C.; FREITAS, J.G.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M.E.; MEIRA, F.A. Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento clorometquat. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, n.12, p.1731-1737, 2006.

CANTARELLA, H.; FURLANI, P.R. Arroz irrigado. In: RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; GUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Coords.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. Campinas: Instituto agrônomo & Fundação IAC, 1996, p.50-51.

CAZETTA, D.A.; ARF, O.; BUZETTI, S.; SÁ, M.E.; RODRIGUES, R.A.F. Desempenho do arroz de terras altas com a aplicação de doses de nitrogênio e em sucessão às culturas de cobertura do solo em sistema de plantio direto. *Bragantia*, v.67, n.2, p.471-479, 2008.

CENTURION, J.F. Balanço hídrico na região de Ilha Solteira. *Científica*, Jaboticabal, v.10, n.1, p.57-61, 1982.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo segundo. Brasília: CONAB, 2013. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 15 abr. 2012.

BORDIN, L.; FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D. Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. *Bragantia*, v.62, n.3, p.417-428, 2003.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Las necesidades de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 1976. 194 p. (Estudios FAO - Riego y Drenaje, 24).

FAGERIA, N.K. Nutrição mineral. In: SANTOS, A. B.; STONE, L.

F.; VIEIRA, N. R. A. (Org). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p.387-424.

FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D.; BORDIN, L. Características agrônômicas de arroz de terras altas sob plantio direto e adubação nitrogenada e potássica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, n.3, p.447-454, 2004.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 589p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MEIRA, F.A.; BUZETTI, S.; FREITAS, J.G.; ARF, O.; SÁ, M.E. Resposta de dois cultivares de arroz à adubação nitrogenada e tratamento foliar com fungicidas. *Acta Scientiarum: Agronomy*, v.27, n.1, p.91-95, 2005.

RAIJ, B.VAN; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solo tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285p.

RODRIGUES, R.A.F.; SORATTO, R.P.; ARF, O. Manejo de água em arroz de terras altas no sistema de plantio direto, usando o tanque classe A. *Engenharia Agrícola*, v.24, n.3, p.546-556, 2004.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; OLIVEIRA, J.B.; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

MEDEIROS, R.D.; SOARES, A.A.; GUIMARÃES, R.M. Compactação do solo e manejo de água I: Efeito sobre a absorção de N, P, K massa seca de raízes e parte aérea de plantas de arroz. *Ciência e Agrotecnologia*, v.29, n.5, p.940-947, 2005.

NEVES, M.B.; BUZETTI, S.; ARF, O.; SÁ, M.E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura em dois cultivares de arroz com irrigação suplementar. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.26, n.4, p.429-435, 2004.