

INOCULAÇÃO DE SEMENTES COM *Azospirillum brasilense* E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM CULTIVARES DE ARROZ DE TERRAS ALTAS IRRIGADOS POR ASPERSÃO

Mayara Rodrigues¹; Orivaldo Arf²; Nayara Fernanda Siviero Garcia³; José Roberto Portugal⁴; Marla Karyne Felippi Barbieri¹

1. Graduanda em Agronomia na Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” FE - Ilha Solteira - SP (mayararodrigues.agro@gmail.com).
2. Professor do curso de Agronomia na Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” FE - Ilha Solteira-SP.
3. Mestranda em Agronomia na Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” FE - Ilha Solteira – SP.
4. Doutorando em Sistemas de Produção na Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” FE - Ilha Solteira-SP.

Recebido em: 31/03/2015 – Aprovado em: 15/05/2015 – Publicado em: 01/06/2015

RESUMO

O estudo visa aprimorar técnicas utilizadas para a cultura do arroz, a fim de obter altas produtividades, reduzir custos de produção, sem perder a qualidade do produto. O experimento teve por objetivo estudar a eficiência da fixação de nitrogênio, através da inoculação via sementes da bactéria *Azospirillum brasilense* em dois cultivares de arroz e a utilização de doses de nitrogênio (N) em cobertura. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, disposto em esquema fatorial 2x4x2. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de dois cultivares de arroz (IAC 202 e ANA 5011), quatro doses de N em cobertura (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹) e inoculação com *Azospirillum brasilense* (presença e ausência). Foram realizadas as seguintes avaliações: emergência das plântulas, floração, teor de N nas folhas, altura de plantas, grau de acamamento, número de panículas por m², número de grãos cheios por panícula, massa de 100 grãos, e produtividade de grãos. Os resultados obtidos possibilitaram concluir que a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* proporciona incremento na produtividade de grãos do cultivar IAC 202 e, a aplicação de nitrogênio mineral em cobertura não altera a produtividade de grãos dos cultivares Ana 5011 e IAC 202 em cultivo irrigado por aspersão.

PALAVRAS-CHAVE: bactérias diazotróficas, *Oryza sativa* L, produtividade de grãos.

SEED INOCULATION WITH *Azospirillum brasilense* AND NITROGEN IN LAND RICE CULTIVARS HIGH IRRIGATION SPRINKLER

ABSTRACT

The study aims to improve techniques used for rice cultivation in order to obtain high yields, lower production costs, without loss of product quality. The experiment aimed to study the efficiency of nitrogen fixation by seed inoculation of *Azospirillum brasilense* bacteria in two rice cultivars and the use of nitrogen (N) in coverage. The

experimental design was randomized blocks, arranged in a factorial design 2x4x2. The treatments were a combination of two rice cultivars (IAC 202 and AIn 5011), four doses of N (0, 30, 60 and 90 kg ha⁻¹) and inoculation with *Azospirillum brasilense* (presence or absence). The following evaluations were performed: seedling emergence, flowering, N content in leaves, plant height, degree of lodging, number of panicles per m², grain number per panicle filled, weight of 100 grains, and grain yield. The results enabled us to conclude that the seed inoculation with *Azospirillum brasilense* provides increase in grain yield of IAC 202 and the application of mineral nitrogen in coverage does not change grain yield of cultivars Ana 5011 and IAC 202 in irrigated by sprinkler.

KEYWORDS: grain yield, *Oryza sativa* L, nitrogen-fixing bacteria.

INTRODUÇÃO

No Brasil, assim como em outras partes do mundo, o arroz é base da alimentação, e a preferência nacional é por grãos inteiros, descascados e polidos. Com o crescimento da população mundial, a produção de alimentos deve suprir a demanda e, para isso, faz-se necessário na agricultura o uso de técnicas e tecnologias eficientes, aplicadas em regiões adequadas.

O gênero *Azospirillum* é constituído de bactérias promotoras de crescimento, capaz de realizar a fixação biológica de nitrogênio atmosférico (N₂). Como se trata de bactérias associativas, só uma parte do nitrogênio fixado é disponibilizado para as plantas, o restante pode ser absorvido após a mineralização das bactérias. Sendo assim, ao contrário do que ocorre com as leguminosas, a inoculação de não-leguminosas com bactérias fixadoras de N supre apenas parcialmente a necessidade das plantas em nitrogênio (HUNGRIA, 2011).

Muitos experimentos de inoculação utilizando as espécies do gênero *Azospirillum* foram realizados em diferentes países para avaliar o efeito sobre o rendimento das plantas, sendo observado melhor desenvolvimento radicular, o que melhora a absorção de água e nutrientes (BALDANI et al., 1997), com consequente aumento no teor de nitrogênio, fósforo, potássio e outros minerais nas plantas inoculadas e, em cerca de 70% destes estudos, foram comprovados aumentos de produtividade de até 30% (DIDONET et al., 2003).

A cultura de arroz consome aproximadamente 10 milhões de toneladas de adubos nitrogenados para produzir 500 milhões de toneladas de grãos no planeta. É importante ressaltar que, ao contrário das leguminosas, a inoculação de não-leguminosas com bactérias endofíticas ou associativas, ainda que essas consigam fixar nitrogênio, não consegue suprir totalmente as necessidades das plantas em relação ao nutriente (HUNGRIA, 2010). Porém, a substituição de 25% da demanda de N₂ pela fixação biológica geraria uma economia de, aproximadamente, 380 milhões de dólares ano⁻¹ (BALDANI et al., 2002). De acordo com HUNGRIA (2011) para atender a crescente demanda de alimentos e para recuperar áreas degradadas, há perspectiva do aumento do uso de fertilizantes no Brasil, cujo mercado é muito dependente de importações, sendo importante encontrar alternativas que permitam o melhor aproveitamento dos fertilizantes.

Tendo em vista a necessidade de alternativas ao uso de fertilizantes o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da inoculação com *A. brasilense* em cultivares de arroz de terras altas irrigados por aspersão e possíveis interações com a adubação nitrogenada mineral em cobertura.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no município de Selvíria - MS, Brasil, na Fazenda Experimental da UNESP- Ilha Solteira, situada aproximadamente a 51° 22' W e 20° 22' S, com altitude de 335 metros. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho distrófico álico típico argiloso (EMBRAPA, 2006). A precipitação média anual é de 1.370 mm, a temperatura média anual é de 23,5°C e a umidade relativa do ar entre 70 e 80% (média anual).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, disposto em esquema fatorial 2x4x2, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de dois cultivares de arroz (IAC 202 e ANa 5011), quatro doses de N em cobertura (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹) e inoculação com *Azospirillum brasilense* (presença e ausência), com quatro repetições. O preparo do solo da área foi realizado com escarificador e duas gradagens para nivelamento. A semeadura foi realizada no dia 08/11/2011 em solo úmido. A densidade de semeadura utilizada foi de 180 sementes m⁻² e as sementes foram tratadas antes da inoculação com fipronil (50 g ha⁻¹ do i.a.). A inoculação foi realizada a sombra, com as estirpes Ab-V₅ e Ab-V₆. O inoculante utilizado apresentava 2x10⁸ células viáveis por grama do produto comercial, utilizando-se a dose de 200 ml de inoculante para 50 kg de sementes. A adubação química básica nos sulcos de semeadura foi realizada utilizando-se 250 kg ha⁻¹ da formulação 04-30-10 e a adubação de cobertura com as doses de N mineral em cobertura foi realizada aos 30 dias após a emergência das plantas (DAE). Logo após a aplicação foi realizada irrigação com uma lâmina de água de aproximadamente 10 mm com o objetivo de minimizar perdas de nitrogênio por volatilização.

As parcelas foram constituídas por cinco linhas de 4,5 m de comprimento espaçadas de 0,35 m entre si. O fornecimento de água foi realizado por sistema fixo de irrigação por aspersão com precipitação média de 3,3 mm hora⁻¹ nos aspersores. No manejo de água foram utilizados até três coeficientes de cultura (Kc), distribuídos em quatro períodos compreendidos entre a emergência e a colheita. Para a fase vegetativa foi utilizado o valor de 0,40; para a fase reprodutiva dois coeficientes de cultura (Kc), o inicial de 0,70 e o final de 1,00 e para a fase de maturação estes valores foram invertidos, ou seja, o inicial de 1,00 e o final de 0,70.

O controle de plantas daninhas foi realizado com a utilização de herbicidas aplicados por pulverizador costal. Como na área de cultivo tem ocorrido com frequência capim colchão (*Digitaria sanguinalis*), capim carrapicho (*Cenchrus echinatus*) e capim marmelada (*Urochloa plantaginea*) foi aplicado logo após a semeadura o herbicida pendimethalin (1.400 g ha⁻¹). Aos 12 DAE das plantas foi utilizado em pós-emergência o herbicida metsulfuron metil (2 g ha⁻¹) visando o controle de plantas daninhas de folhas largas. As demais plantas daninhas não controladas pelos herbicidas foram eliminadas manualmente com auxílio de enxada.

Foram realizadas as seguintes avaliações: emergência das plântulas, floração, teor de N nas folhas, altura de plantas, grau de acamamento, número de panículas por m², número de grãos cheios por panícula, massa de 100 grãos, e produtividade de grãos. Os valores de massa de grãos e de produtividade foram corrigidos para umidade de 13% (base úmida).

Os dados foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, ao teste de Tukey a 5% de probabilidade e análise de regressão no caso das doses de nitrogênio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A emergência ocorreu no dia 14/11/2011, aos cinco dias após a semeadura de modo uniforme em todos os tratamentos. Com relação ao florescimento, o cultivar Ana 5011 floresceu primeiro (64 dias) em relação ao IAC 202 (84 dias), permitindo a colheita em 11/02/2012, aos 89 DAE para o 'ANa 5011' e em 27/02/2012, aos 105 DAE para o 'IAC 202'.

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1. Para a altura de plantas, verifica-se que houve efeito significativo para a interação cultivares *versus* inoculação de sementes, e pelo desdobramento (Tabela 2) verifica-se que o 'ANa 5011' apresentou maior altura em relação ao 'IAC 202' e na presença de inoculação de sementes o 'IAC 202' apresentou plantas mais altas em relação ao tratamento não inoculado. Já para doses de nitrogênio em cobertura houve ajuste à equação linear crescente com o aumento nas doses. Vale ressaltar que o cultivar ANa 5011 apresentou alto índice de acamamento de plantas estimado em mais de 75% mesmo no tratamento testemunha sem N mineral em cobertura. Já o cultivar IAC 202 não apresentou acamamento de plantas mesmo na maior dose de nitrogênio mineral aplicada (90 kg ha⁻¹).

TABELA 1. Valores médios obtidos em arroz de terras altas envolvendo cultivares, inoculação de sementes e doses de nitrogênio em cobertura. Selvíria (MS), 2011/12.

Tratamentos	Altura de plantas	N foliar (g kg ⁻¹)	Panículas m ⁻²	Grãos cheios panícula ⁻¹	Massa 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
<i>Cultivares</i>						
ANa 5011	116,2 a	37,3 a	181 b	105 b	2,84 a	4.627 b
IAC 202	91,3 b	32,5 b	274 a	167 a	2,34 b	5.036 a
<i>Inoculação</i>						
Presença	104,8	35,6	222	142 a	2,53	5.109 a
Ausência	102,7	34,3	234	129 b	2,65	4.554 b
<i>Doses de N (kg ha⁻¹)</i>						
0	99,4 ¹	34,6	231	142	2,62	4.498
30	105,0	35,5	243	135	2,69	4.889
60	103,8	34,5	218	130	2,56	4.936
90	106,6	35,1	229	135	2,50	5.001
<i>Teste F</i>						
C	392,63 ^{**}	40,78 ^{**}	68,26 ^{**}	95,12 ^{**}	23,41 ^{**}	3,61 [*]
I	2,62 ^{ns}	3,03 ^{ns}	1,13 ^{ns}	3,30 [*]	1,46 ^{ns}	6,67 [*]
D	5,51 ^{**}	0,39 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,61 ^{ns}	1,11 ^{ns}
CxI	13,06 ^{**}	0,06 ^{ns}	0,07 ^{ns}	2,19 ^{ns}	0,37 ^{ns}	4,44 [*]
CxD	1,05 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,13 ^{ns}	0,43 ^{ns}	1,22 ^{ns}	0,40 ^{ns}
IxD	0,49 ^{ns}	2,52 ^{ns}	1,56 ^{ns}	1,02 ^{ns}	2,68 ^{ns}	0,67 ^{ns}
CxIxD	1,56 ^{ns}	1,03 ^{ns}	1,11 ^{ns}	0,48 ^{ns}	1,59 ^{ns}	0,43 ^{ns}
<i>DMS</i>						
Cultivar	-	1,51	22,80	12,75	0,20	-
Inoculação	-	-	-	12,75	-	-
CV (%)	4,83	8,64	18,89	18,67	15,94	17,80

Médias seguidas de mesma letra, para cultivares, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %. ¹ y = 100,85+0,0648x (R²=0,73).

Para o teor de N foliar e número de panículas m^{-2} houve apenas efeito para cultivares, onde o 'ANa 5011' apresentou maior teor foliar do nutriente e o 'IAC 202' maior número de panículas m^{-2} . A inoculação de sementes e a aplicação de nitrogênio mineral não influenciaram essas duas características avaliadas, resultado também observado por GITTI et al. (2012), que não obtiveram resposta significativa no número de panículas com a inoculação. Porém, MINGOTTE et al. (2012) observaram aumento de panículas m^{-2} com o aumento das doses de N nas áreas com irrigação.

DIDONET et al. (2003), avaliando o desenvolvimento de plântulas de 10 linhagens de arroz inoculadas com *A. lipoferum* e *A. brasilense*, concluíram que de maneira geral a inoculação das sementes das linhagens de arroz de terras altas testadas, proporciona aumento no crescimento da parte aérea e da raiz das plântulas, no número de raízes secundárias e a quantidade de ramificações das raízes. Quanto maior o sistema radicular da planta melhor é a absorção por nutrientes e água, como também pode beneficiar as plantas em períodos de déficit hídrico e perdas do sistema radicular por pragas de solo. Esse comportamento não foi verificado no presente trabalho.

Os resultados obtidos na avaliação do número de grãos cheios panícula⁻¹, massa de 100 grãos e produtividade de grãos também estão apresentados na Tabela 1. Verifica-se que para o número de grãos cheios panícula⁻¹ o 'IAC 202' apresentou maior valor, assim como a inoculação de sementes também propiciou a obtenção de maior número de grãos cheios panícula⁻¹. Já para a massa de 100 grãos o cultivar ANa 5011 apresentou valor superior em relação ao 'IAC 202' e a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* ou a aplicação de nitrogênio mineral em cobertura não interferiu nessa característica. Diversos autores têm observado que o fornecimento de N influencia pouco a massa de 100 grãos (ARF et al. 2003, FARINELLI et al. 2004, CAZETTA et al. 2008, HERNANDES et al. 2010, FIDELIS et al. 2012).

Quanto à produtividade de grãos verificou-se efeito para cultivares, para inoculação de sementes e para a interação cultivares x inoculação e o desdobramento está apresentado na Tabela 2. Para cultivares dentro de inoculação, na ausência de inoculação os cultivares apresentaram comportamento semelhante com produtividades da ordem de 4500 kg ha⁻¹ e na presença de inoculação houve destaque para o cultivar IAC 202 que produziu 5540 kg ha⁻¹, superando o cultivar ANa 5011 em 862 kg ha⁻¹, ou seja, 18,4%. Para inoculação dentro de cultivares, não houve efeito significativo para o cultivar ANa 5011. Já o cultivar IAC 202 apresentou produtividade superior na presença de inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*, superando 22% ou mais de 1000 kg ha⁻¹ de grãos.

Os resultados obtidos no presente trabalho em parte concordam com os resultados obtidos por REICHEMBACK et al. (2011), que também verificaram incrementos na produtividade de grãos do cultivar Primavera com a inoculação das sementes de arroz com bactérias diazotróficas.

TABELA 2. Desdobramentos da interação cultivar x inoculação de sementes referente à altura de plantas e produtividade de grãos. Selvíria (MS), 2011/12.

Cultivar	Altura de plantas (cm)	
	Inoculação de sementes	
	Presença	Ausência
ANa 5011	114,9 aA	117,4 aA
IAC 202	94,6 b A	88,1 b B
DMS = 4,18		
Cultivar	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	
	Inoculação de sementes	
	Presença	Ausência
ANa 5011	4.678 b A	4.576 a A
IAC 202	5.540 a A	4.532 a B
DMS = 695,42		

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto à adubação nitrogenada mineral aplicada em cobertura, não houve ajuste dos dados a nenhuma equação (linear ou quadrática). Mesmo sem aplicação de N em cobertura a produtividade foi de aproximadamente 4500 kg ha⁻¹ e com a máxima dose utilizada (90 kg ha⁻¹ de N) o valor obtido foi da ordem de 5000 kg ha⁻¹. Pode-se afirmar que a produtividade obtida foi boa, pois, de acordo com a EMBRAPA (2013), a produtividade média do cultivar BRS Esmeralda é de 4050 kg ha⁻¹.

CONCLUSÕES

A inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* proporciona incremento na produtividade de grãos do cultivar IAC 202; A aplicação de nitrogênio mineral em cobertura não altera a produtividade de grãos dos cultivares Ana 5011 e IAC 202 em cultivo irrigado por aspersão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP e ao CNPq pelo financiamento da Pesquisa, à Total Biotecnologia Indústria e Comércio Ltda pelo fornecimento do inoculante utilizado, e aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP pelo apoio à realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

- ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; CRUSCIOL, C.A.C.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S. Soil management and nitrogen fertilization for sprinkler-irrigated upland rice cultivars. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 345-352, 2003.
- BALDANI, J. I.; CARUSO, L.; BALDANI, V. L. D.; GOI, S. R.; DÖBEREINER, J. Recent advances in BNF with non-legume plants. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 29, n. 5/6, p. 911-922, 1997.
- BALDANI, J. I.; REIS, V. R. S.; TEIXEIRA, K. R. S.; BALDANI, V. L. D. Potencial biotecnológico de bactérias diazotróficas associativas e endofíticas. In: SERAFINI, L. A.; BARROS, N. M.; AZEVEDO, J. L. (org) **Biotecnologia: avanços na agricultura**

e na agroindústria. EDUCS, Caxias do Sul, 2002, 433p.

CAZETTA, D. A.; ARF, O.; BUZETTI, S.B.; 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**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 471-479, 2008.

DIDONET, A.D.; MARTIN-DIDONET, C.C.G.; GOMES, G.F. **Avaliação de Linhagens de Arroz de Terras Altas Inoculadas com *Azospirillum lipoferum* Sp59b e *A. brasilense* Sp245**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 69).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006, 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Catálogo de Cultivares de Arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2013, 11 p.

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

FIDELIS, R. R.; RODRIGUES, A.M.; SILVA, G.F.; BARROS, H.B.; PINTO, L.C.; AGUIAR, R.W.S. Eficiência do uso de nitrogênio em genótipos de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 124-128, 2012.

GITTI, D.C.; ARF, O.; PORTUGAL, J.R.; CORSINI, D.C.D.C.; RODRIGUES, R.A.F.; KANEKO, F.H. Coberturas Vegetais, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas no sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 4, p. 509-517, 2012.

HERNANDES, A.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M.E. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 307-312, 2010.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v. 331, n. 1-2, p. 413-425, 2010.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36p.

MINGOTTE, F. L. C.; HANASHIRO, R. K. & FORNASIERI FILHO, D. Características físico-químicas do grão de cultivares de arroz em função da adubação nitrogenada. **Semina – Ciências Agrárias**, v. 33, suplemento 1, p. 2605-2618, 2012.

REICHEMBACK, M.P.; ARF, O.; THOMAZINI, G.; RODRIGUES, R.A.F.; GITTI, D.C. Inoculação de *Azospirillum brasilense* e fontes de nitrogênio mineral em arroz de

terras altas irrigado por aspersão. In: CONGRESSO BRASILEIRO ARROZ IRRIGADO, 7, 2011, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, v. 2, p. 259-262.2011.