

DOSES E MODOS DE APLICAÇÃO DE INOCULANTE CONTENDO *Azospirillum brasilense* EM ARROZ DE TERRAS ALTAS IRRIGADO POR ASPERSÃO

Navara Fernanda Siviero Garcia¹; Orivaldo Arf²; José Roberto Portugal³; Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues²; Juliana Trindade Martins¹; Gisele Cristina Frigério¹; Mayara Rodrigues¹

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., bactérias diazotróficas, cv. IAC 202, fixação de nitrogênio,

INTRODUÇÃO

A demanda mundial por alimentos, em função do aumento populacional, intensificou a utilização agrícola das lavouras com o propósito de aumentar a produtividade, especialmente da cultura do arroz que é uma das fontes básicas de alimentação de uma parcela expressiva da humanidade.

A busca de métodos para praticar uma agricultura sustentável tem conduzido experimentos no sentido de avaliar a ação de bactérias fixadoras de nitrogênio, apontando para um suprimento alternativo deste nutriente (ELBELTAGY et al., 2001).

Segundo Döbereiner (1976), a fixação biológica do N pelas bactérias do gênero *Azospirillum* em associação com gramíneas podem colaborar fornecendo parte das necessidades das plantas por este nutriente. Esse grupo de bactérias também sintetizam hormônios, como a auxina, que estimula o crescimento da parte aérea e do sistema radicular de várias gramíneas, entre elas o arroz (RADWAN et al., 2004).

Azospirillum é um gênero de bactérias promotoras de crescimento, capaz de realizar a fixação biológica de nitrogênio atmosférico (N₂). Como são bactérias associativas, somente uma parte do N fixado é disponibilizado à planta, 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 suprem apenas parcialmente a necessidade das plantas em nitrogênio (HUNGRIA, 2011).

Assim, é importante o estudo de alternativas para utilização das bactérias diazotróficas em gramíneas, já que o tratamento de sementes com produtos químicos pode prejudicar a bactéria, desejando suprir pelo menos parte do nitrogênio requerido pela cultura, colaborando para a produção sustentável de grãos e a redução dos custos de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no ano agrícola 2012/2013 em área experimental pertencente à UNESP - Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria – MS, situada aproximadamente a 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 Distrófico 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 foi o de blocos ao acaso disposto em esquema fatorial 4x4. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de doses de inoculante contendo 2x10⁸ células viáveis de *Azospirillum brasilense* por grama do produto comercial (testemunha sem inoculação, 100, 200 e 300 ml do produto comercial/ha) e modos de aplicação (inoculação das sementes, aplicação no sulco de semeadura, aplicação na forma de pulverização do solo logo após a semeadura seguida de irrigação com aproximadamente

¹ Graduandas do Curso de Agronomia da UNESP – Ilha Solteira, Av. Brasil, 56 (Centro), Ilha Solteira (SP), E-mail: navaragarcia.agro@gmail.com

² Professores da UNESP – Ilha Solteira.

³ Engenheiro Agrônomo Mestrando UNESP – Ilha Solteira.

10 mm de água e aplicação na forma de pulverização foliar por ocasião do início do perfilhamento das plantas), com 4 repetições.

O preparo do solo foi realizado com escarificador e duas gradagens para nivelamento. A semeadura foi realizada em 07/11/2012 utilizando quantidade de sementes necessária para se obter 180 plantas m⁻² do cultivar IAC 202. As sementes foram tratadas com fipronil (50 g do i. a. por 100 kg de sementes), visando o controle de pragas de solo.

A inoculação foi realizada à sombra, após o tratamento das sementes com inseticida e pouco antes da semeadura, com as estirpes Ab-V₅ e Ab-V₆ de *Azospirillum brasilense*. O inoculante utilizado apresentava 2x10⁸ células viáveis por grama do produto comercial, utilizando-se a dose de acordo com cada tratamento. Em pulverização no sulco de semeadura foi realizada pouco antes da semeadura utilizando-se pulverizador costal com vazão de 200 L ha⁻¹. A aplicação no solo foi realizada no dia posterior à semeadura, entre 09:00 e 11:00 h, também utilizando pulverizador costal com vazão de 200 L ha⁻¹ e logo em seguida foi realizada irrigação com aproximadamente 10 mm de água. No mesmo dia ocorreu chuva no período noturno. Já a aplicação via foliar foi realizada aos 15 DAE, por ocasião do início do perfilhamento das plantas. Nessa aplicação também foi utilizado pulverizador costal manual com vazão de 200 L ha⁻¹ e a operação realizada entre 19:30 e 20:00h com temperatura mais amena e pouco vento.

A adubação mineral nos sulcos de semeadura foi efetuada utilizando-se 250 kg ha⁻¹ da formulação 04-30-10 e a adubação em cobertura foi realizada aos 30 DAE, utilizando-se 42 kg ha⁻¹ de N (uréia). Logo após a aplicação foi realizada irrigação com lâmina de água de aproximadamente 10 mm com o objetivo de minimizar perdas de nitrogênio por volatilização. A dose utilizada foi definida em função da faixa de produtividade esperada e da classe de resposta do solo ao nitrogênio, aplicando-se 70% da recomendação. Em princípio, esperava-se que os outros 30% seriam fornecidos pelas bactérias diazotróficas.

As parcelas foram constituídas por cinco linhas de 4,5 m de comprimento espaçadas de 0,35 m entre si. A área útil foi constituída pelas três linhas centrais, desprezando-se 0,50 m em ambas as extremidades de cada linha.

O fornecimento de água foi realizado por um 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 será utilizado o valor 0,4; 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 serão invertidos, ou seja, o inicial de 1,00 e o final de 0,70.

As plantas daninhas foram controladas com herbicidas. Como na área de cultivo tem ocorrido com frequência capim colchão, capim carrapicho e capim marmelada aplicou-se logo após a semeadura do arroz o herbicida pendimethalin (1400g ha⁻¹ do i.a.). Também se utilizou, em pós-emergência, o herbicida metsulfuron metil (2 g ha⁻¹ do i.a.) visando o controle de plantas daninhas de folhas largas. As demais plantas daninhas não controladas pelos herbicidas foram eliminadas manualmente com auxílio de enxada.

A colheita foi realizada manualmente no dia 26/02/2013 aos 106 DAE.

Foram realizadas as seguintes avaliações: teor de nitrogênio foliar (folha “bandeira”), altura de plantas, panículas m⁻², massa de cem 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.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A emergência ocorreu no dia 14/11/2012, aos 7 dias após a semeadura de modo uniforme em todos os tratamentos. Com relação ao florescimento, ocorreu no dia 28/01/2013, aos 75 DAE do cultivar utilizado “IAC 202”. Em relação à colheita, todos os tratamentos foram colhidos no mesmo dia, aos 106 dias após a emergência das plantas, em 26/02/2013.

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1. Para teor de N foliar e panículas m⁻², observa-se que não houve diferença significativa tanto para modo de aplicação como para doses de inoculante. Para a altura de plantas, verifica-se que houve efeito significativo para a interação doses x modo de aplicação do inoculante, e pelo desdobramento (Tabela 2) para doses de inoculante dentro de modo de aplicação verifica-se que os dados para a aplicação via solo, semente e planta, ajustaram-se a funções quadráticas negativas. Já para a aplicação via sulco de semeadura, os dados ajustaram-se a uma equação linear positiva, ou seja, quanto maior a dose de inoculante, maior a altura de plantas de arroz de terras altas.

O aumento da altura de plantas condiz com o que foi verificado por Didonet et al. (2003), que 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 na quantidade de ramificações das raízes.

Tabela 1. Valores médios obtidos em arroz de terras altas envolvendo doses e modos de aplicação de inoculante contendo *Azospirillum brasilense*. Selvíria (MS), 2012/13.

Tratamentos	N foliar (g kg ⁻¹)	Altura (m)	Paniculas m ⁻²	Massa 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Modos (M)					
Solo	35,03	1,07	246	2,29	6542
Sulco	34,89	1,03	246	2,27	6388
Semente	34,62	1,03	240	2,23	6255
Planta	35,00	1,06	251	2,24	6456
Doses de inoculante (D)					
Testemunha	35,26	0,99 ¹	243	2,35	6049 ²
100 ml ha ⁻¹	35,34	1,07	247	2,22	6574
200 ml ha ⁻¹	34,85	1,07	233	2,26	6544
300 ml ha ⁻¹	34,09	1,06	259	2,20	6474
F (M)	0,17 ^{ns}	3,85**	0,34 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,80 ^{ns}
F (D)	1,65 ^{ns}	17,10**	1,94 ^{ns}	3,18*	3,27*
F (MxD)	0,67 ^{ns}	2,93**	0,58 ^{ns}	0,93 ^{ns}	1,18 ^{ns}
CV (%)	5,09	3,53	12,56	6,46	8,43
Média Geral	34,88	1,05	245,33	2,26	6410,21

*e**, significativo a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey, respectivamente.

¹ $y = + 0,9936 + 0,00084x - 0,000002x^2$ ($R^2 = 0,94$); ² $y = + 6074,8551 + 5,7041x - 0,0148x^2$ ($R^2 = 0,93$)

Os resultados obtidos na avaliação de massa de 100 grãos e produtividade de grãos também estão expostos na Tabela 1. Verifica-se que para a massa de 100 grãos a testemunha sem inoculante apresentou valor superior em relação às demais doses do inoculante contendo *Azospirillum brasilense*. Para produtividade de grãos, não houve diferença para modos de aplicação do inoculante; já para doses do inoculante, observa-se que os dados ajustaram-se a uma equação quadrática. Podendo verificar que para a dose estimada de 193 ml do inoculante houve maior incremento de produtividade, sendo a dose aproximada de 200ml, onde produziu 6544 kg ha⁻¹.

Guimarães et al. (2003), também verificaram incrementos na produtividade de grãos com a inoculação das sementes de arroz com bactérias diazotróficas.

Tabela 2. Desdobramento da interação doses de inoculante x modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* para a altura de plantas de arroz de terras altas irrigado por aspersão. Selvíria (MS), 2012/13.

Modo/Doses	Altura de Plantas (m)			
	Testemunha	100 ml ha ⁻¹	200 ml ha ⁻¹	300 ml ha ⁻¹
Solo ¹	0,99	1,08 a	1,10	1,09 a
Sulco ²	0,99	1,00 b	1,06	1,07 ab
Semente ³	0,99	1,08 a	1,06	1,01 b
Planta ⁴	0,99	1,11 a	1,06	1,08 ab

DMS = 0,07

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ¹y = + 0,9912 + 0,0011x - 0,000003x² (R² = 0,99). ²y = + 0,9830 + 0,0003x (R²=0,92). ³y = + 0,9947 + 0,00108x - 0,000004x² (R² = 0,92). ⁴y = +1,003 + 0,00095x - 0,000003x² (R²= 0,57).

CONCLUSÃO

Os modos de inoculação realizada no solo, no sulco de semeadura, na semente ou na planta não interferem na produtividade de grãos do arroz de terras altas irrigado por aspersão; já as doses de aplicação de *Azospirillum brasilense* promove incrementos na produtividade de grãos sendo os maiores valores obtidos com a dose estimada de 193 ml ha⁻¹ contendo 2 x 10⁸ células viáveis por grama do produto comercial.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Total Biotecnologia Indústria e Comércio Ltda. pelo fornecimento do inoculante e ao CNPq pelo apoio financeiro no desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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).

DÖBEREINER, J.; MARRIEL, I.; NERY, M. Ecological distribution of *Spirillum lipoferum* Beijerinck. **Canadian Journal of Microbiology**, v.22, p.1464-1473, 1976.

ELBELTAGY, A.; NISHIOKA, K.; SATO, T. et al. Endophytic colonization and in plant nitrogen fixation by a *Herbaspirillum* sp. Isolated from wild rice species. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 67, n. 11, p. 5285 – 5293, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306 p.

GUIMARÃES, S.L.; BALDANI, J.I.; BALDANI, V.L.D. Efeito da Inoculação de Bactérias Diazotróficas Endofíticas em Arroz de Sequeiro. **Agronomia**, v. 37, n. 2, p. 25-30, 2003.

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

RADWAN, T.E.E.; MOHAMED, Z.K.; REIS, V.M. Efeito da inoculação de *Azospirillum* e *Herbaspirillum* na produção de compostos indólicos em plântulas de milho e arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.987-994, 2004.