

# INOCULAÇÃO DE SEMENTES COM *Azospirillum brasilense* E NITROGÊNIO EM COBERTURA NO ARROZ DE TERRAS ALTAS

Gisele Herbst Vazquez<sup>1</sup>; Orivaldo Arf<sup>2</sup>; Marcelo Romero Ramos da Silva<sup>3</sup>; Cintia Sanae Nishimura<sup>4</sup>; Amanda Ribeiro Peres<sup>5</sup>

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., fixação biológica, inoculante.

## INTRODUÇÃO

Cultivares de arroz de alto rendimento são desenvolvidas a cada ano, resultando em aumento substancial da produção, mas requerendo grandes quantidades de fertilizantes nitrogenados, que, por sua vez, contribuem para a contaminação do solo e dos mananciais de água por nitratos (CHARENTREUIL et al., 2000). Por outro lado, a busca de métodos para uma agricultura sustentável tem incentivado os estudos com bactérias fixadoras de nitrogênio (ELBELTAGY et al., 2001).

Bactérias do gênero *Azospirillum* têm sido utilizadas como inoculante em sementes de várias espécies de plantas para promover o crescimento das raízes e a fixação biológica do nitrogênio atmosférico. Estas bactérias são diazotróficas, de vida livre, presentes no solo e/ou encontradas colonizando o interior das plantas (endofíticas), sendo detectadas em associação com diversas espécies de importância agrônômica (DIDONET; MARTIN-DIDONET; GOMES, 2003).

Assim, o trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito da inoculação de *Azospirillum brasilense* combinado à adubação nitrogenada em cobertura sobre as características agrônômicas e a produtividade em quatro cultivares do arroz de terras altas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área da Universidade Camilo Castelo Branco, Campus de Fernandópolis/SP, localizada entre as coordenadas 20°16'50" de latitude sul e 50°17'43" de longitude oeste e a uma altitude de 520 m, no período de 13/12/2011 a 16/04/2012. O solo do local apresenta textura arenosa/média. O clima da região segundo a classificação de Köppen é tropical úmido Aw, com inverno seco e ameno e verão quente e chuvoso.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 4 x 2 (cultivares x doses de N em cobertura x com e sem inoculação) e quatro repetições, totalizando 32 tratamentos. Foram utilizadas as cultivares: BRS Primavera, ANA 5011, IAC 202 e AN Cambará, todas recomendadas para semeadura em terras altas. Utilizou-se as doses de 0, 25, 50 e 75 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em cobertura. A inoculação de sementes foi realizada com *Azospirillum brasilense* com o produto comercial Azototal® (turfoso) estirpes AbV<sub>5</sub> e AbV<sub>6</sub> com garantia de 2x10<sup>8</sup> Ufc, na dose de 200 g por 25 kg de semente. Cada parcela foi composta por 5 linhas de 4 m de comprimento e espaçadas de 0,35 m.

A área foi dessecada com herbicida glifosato e após sete dias realizada a semeadura em sistema de plantio direto. A quantidade de sementes utilizada foi de 80 kg ha<sup>-1</sup> e a de adubo 250 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 4-30-10, de acordo com a análise do solo. O fornecimento de água, quando necessário, foi realizado por aspersores tipo canhão modelo "Pluvio 150".

As sementes receberam o tratamento com o inseticida fipronil na dose de 70 g i.a. por 100 kg de sementes e permaneceram no laboratório por 2 horas para secagem e em

<sup>1</sup> Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>., UNESP-Ilha Solteira e Unicastelo-Fernandópolis, Avenida Brasil, Centro, 56, 15385-000 - Ilha Solteira, SP - Brasil - Caixa-postal: 31, [gisele-agro@uol.com.br](mailto:gisele-agro@uol.com.br).

<sup>2</sup> Prof. Dr., UNESP-Ilha Solteira, SP.

<sup>3</sup> Prof. Dr., Unicastelo-Fernandópolis, SP.

<sup>4</sup> Engenheira Agrônoma, UNESP-Ilha Solteira, SP.

<sup>5</sup> Engenheira Agrônoma, Mestranda, UNESP-Ilha Solteira, SP.

seguida, foram inoculadas.

O controle de plantas daninhas foi feito com o uso do herbicida metsulfurom metílico aos 18 dias após a emergência (DAE) e aos 22 DAE com o fenoxaprop-p-ethyl. A adubação de cobertura foi realizada aos 26 DAE, utilizando o sulfato de amônio como fonte de N. Não foi realizada a aplicação de inseticidas e fungicidas. A colheita foi realizada manualmente aos 120 DAE, estando os grãos com 15-17% de umidade. Foram realizadas as seguintes avaliações: estatura de plantas; número de panículas por metro quadrado; número de grãos cheios por panícula; massa de 100 grãos e produtividade de grãos (ambos com umidade corrigida para 13%).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. As médias dos fatores inoculação e cultivares foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, enquanto que as médias de doses de N foram comparadas pela análise de regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de F e as médias das variáveis em função de cultivares, inoculação com *Azospirillum brasilense* e doses de N em cobertura, estão apresentados na Tabela 1. Houve efeito significativo para cultivar sobre a estatura de plantas, número de panículas por m<sup>2</sup>, número de grãos cheios por panícula e massa de 100 grãos; da inoculação sobre a estatura de plantas e produtividade; doses de nitrogênio sobre a estatura de plantas, massa de 100 grãos e produtividade. Obteve-se significância pelo teste F para as interações: cultivar x inoculação (C x I) para a estatura de plantas, massa de 100 grãos e produtividade; inoculação x doses de nitrogênio (I x N) para estatura de plantas e número de grãos cheios por panícula.

Para o número de panículas m<sup>2</sup> (Tabela 1), a cultivar de destaque foi a IAC 202, que superou as ANa 5011 e AN Cambará, apresentando média de 233,0 panículas m<sup>-2</sup>, não diferindo, porém, da BRS Primavera, havendo uma diferença entre as duas de 13,22 panículas m<sup>-2</sup>. Ainda em relação a cultivar BRS Primavera, verifica-se que esta foi semelhante estatisticamente as cultivares ANa 5011, IAC 202 e AN Cambará, onde a menor média dentre as cultivares foi da ANa 5011 com 195,65 panículas. Já o número de grãos cheios por panícula apresentou diferença apenas entre a cultivar BRS Primavera e as demais, sendo esta inferior estatisticamente com 112,82 grãos cheios por panícula.

Apesar da significância do teste F para doses de N para a massa de 100 grãos, os dados não se ajustaram a nenhuma equação. As doses de N ajustaram-se a uma equação linear positiva, para a produtividade de grãos, mostrando que o aumento do N eleva a produtividade de grãos.

O desdobramento C x I referente à estatura de plantas, massa de 100 grãos e produtividade encontra-se na Tabela 2.

Analisando os dados da estatura de plantas entre cultivares dentro do tratamento inoculado com *Azospirillum brasilense*, pode-se observar que as cultivares BRS Primavera e ANa 5011 apresentaram maiores estaturas em relação às cultivares IAC 202 e AN Cambará, onde a presença do *Azospirillum brasilense* não favoreceu o crescimento das plantas. Já dentro das cultivares e sem a inoculação, a BRS Primavera, ANa 5011 e IAC 202, apresentaram as menores estaturas de plantas, ao contrário da AN Cambará que superou as demais sem inoculação com *Azospirillum brasilense*. Tal resultado pode ser explicado pela melhor adaptação à fixação biológica pelas diferentes cultivares. Como se sabe a inoculação proporciona a troca de benefícios entre a planta e a bactéria, onde a bactéria transforma o N atmosférico em N assimilável pelas plantas, aumentando assim a disponibilidade deste elemento para a planta, favorecendo o crescimento do vegetal.

Na interação C x I (Tabela 2) para a massa de 100 grãos, a cultivar BRS Primavera com inoculante superou as demais, apresentando o maior peso (2,80 g). Já no tratamento sem inoculação, as cultivares BRS Primavera e ANa 5011 não diferiram entre si e superaram as cultivares IAC 202 e AN Cambará. Quanto à inoculação dentro de cada cultivar, apenas a cultivar BRS Primavera mostrou diferença estatística, superando a não inoculada quanto à

massa de 100 grãos.

Tabela 1. Valores de F e médias de estatura de plantas (EP), número de panículas por m<sup>2</sup> (NP), número de grãos cheios por panícula (NGC), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (P) de em arroz de terras altas em função de cultivares, inoculação com *Azospirillum brasilense* e doses de N em cobertura. Fernandópolis–SP, 2011/2012.

Tratamentos	EP (cm)	NP	NGC	M100 (g)	P (kg ha <sup>-1</sup> )
<b>Cultivar</b>					
BRS Primavera	98,61	219,68ab	112,82b	2,67	4.191
ANa 5011	100,72	195,65b	144,32a	2,52	4.178
IAC 202	91,25	233,00a	162,53a	2,15	3.871
AN Cambará	98,8	197,89b	161,32a	2,25	3.875
<b>Inoculação</b>					
Com inoculante	98,63	210,78	146,83	2,41	4.306
Sem inoculante	96,05	212,3	143,67	2,38	3.751
<b>Dose de N</b>					
0	93,66 <sup>(1)</sup>	203,78	140	2,35	3.412 <sup>(2)</sup>
25 kg ha <sup>-1</sup>	100,38	221,99	151,64	2,46	4.505
50 kg ha <sup>-1</sup>	97,74	214,59	143,381	2,35	3.949
75 kg ha <sup>-1</sup>	97,59	205,83	145,97	2,42	4.251
<b>Teste F</b>					
Cultivar (C)	11,62**	7,61**	21,91**	90,88**	0,81 <sup>ns</sup>
Inoculação (I)	4,44*	0,06 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	1,76 <sup>ns</sup>	7,71**
Doses de N (N)	5,11**	1,69 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	4,49**	5,52**
C * I	11,25**	2,39 <sup>ns</sup>	2,08 <sup>ns</sup>	10,28**	7,12**
C * N	0,18 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>
I * N	9,02**	1,02 <sup>ns</sup>	3,32*	0,55 <sup>ns</sup>	1,47 <sup>ns</sup>
C * I * N	0,44 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	1,29 <sup>ns</sup>
<b>Média geral</b>	<b>97,34</b>	<b>211,56</b>	<b>145,25</b>	<b>2,4</b>	<b>4.028,84</b>
<b>DMS</b>					
Cultivar	4,53	8,41	366,01	0,09	740,14
Inoculação	2,43	4,51	196,44	0,05	397,22
<b>CV (%)</b>	<b>7,11</b>	<b>17,39</b>	<b>19,27</b>	<b>5,96</b>	<b>28,1</b>

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

ns - não significativo; \* significativo a 5% e \*\* significativo a 1%. CV (coeficiente de variação). DMS – Diferença média significativa pelo Teste de Tukey

$Y^{(1)} = -0,0028x^2 + 0,2425x + 94,2568$   $R^2=0,69$ ;  $Y^{(2)} = 7,8453x + 3734,6416$   $R^2=0,2$

A interação de C x I (Tabela 2) para a produtividade de grãos, obteve melhor desempenho utilizando a cultivar BRS Primavera com o inoculante (5.122 kg ha<sup>-1</sup>) superando a IAC 202 e a AN Cambará, mas não diferindo de ANa 5011, mostrando um aumento de 44% quando comparada com a AN Cambará (de menor produtividade). Já para as cultivares não inoculadas, não houve diferença significativa. Por sua vez, o uso ou não da bactéria dentro de cada cultivar apresentou interferência significativa, sendo que as cultivares BRS Primavera e ANa 5011 com o inoculante superiores. As cultivares IAC 202 e AN Cambará não apresentaram diferenças quanto ao uso do inoculante, o que indica que existe uma especificidade entre a bactéria e as diferentes cultivares.

Na estatura de plantas e número de grãos cheios por panícula, avaliando as doses de N dentro do fator inoculação, pode-se observar que com a presença do inoculante as doses de N ajustaram-se a uma equação linear positiva. Já para os tratamentos sem o inoculante, as doses de N sobre a estatura de plantas ajustaram-se a uma equação quadrática negativa. Tanto para a estatura de plantas quanto para o número de grãos cheios verificou-se que apenas com 75 kg de N acrescido do inoculante superou as parcelas isentas do produto (Tabela 3).

Tabela 2. Desdobramento da interação entre cultivares e o uso de *Azospirillum brasilense* (inoculante) sobre a estatura de plantas (EP), número de colmos por m<sup>2</sup> (NC), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (P) de arroz de terras altas. Fernandópolis–SP, 2011/2012.

Tratamento	EP (cm)		M100 (g)		P (kg ha <sup>-1</sup> )	
	COM*	SEM	COM	SEM	COM	SEM
<b>Cultivar</b>						
BRS Primavera	103,08 Aa	94,14 Bb	2,80 Aa	2,53 Ba	5.122 Aa	3.738 Ba
ANa 5011	105,50 Aa	95,93 Bb	2,52 Ab	2,52 Aa	4.617 Aab	3.739 Ba
IAC 202	90,94 Ab	91,56 Ab	2,11 Ac	2,18 Ab	3.932 Abc	3.810 Aa
AN Cambará	95,02 Bb	102,58 Aa	2,21 Ac	2,29 Ab	3.555 Ac	4.195 Aa
DMS inoculante	6,4		0,132		1.046,7	
DMS cultivar	4,86		0,1002		794,44	

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

DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey.

Tabela 3. Desdobramento da interação de doses de N em cobertura e o uso de *Azospirillum brasilense* (inoculante) sobre a estatura de plantas (EP) e número de grãos cheios por panícula (NGC) de arroz de terras altas. Fernandópolis – SP, 2011/2012.

Tratamento	EP (cm)		NGC	
	COM	SEM	COM	SEM
<b>Doses de N</b>				
0 kg ha <sup>-1</sup>	91,56 a <sup>(1)</sup>	95,77 a <sup>(2)</sup>	136,90 a <sup>(3)</sup>	143,11 a
25 kg ha <sup>-1</sup>	99,91 a	100,85 a	152,83 a	150,59 a
50 kg ha <sup>-1</sup>	99,08 a	96,39 a	137,38 a	149,38 a
75 kg ha <sup>-1</sup>	103,97a	91,21b	160,36 a	131,58 b
DMS inoculante	4,86		19,64	

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey

DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey.

<sup>(1)</sup>Y = 0,1457x+9317 R<sup>2</sup>= 0,86; <sup>(2)</sup>Y = -0,0041X2+0,2355X+96,20 R<sup>2</sup>=0,91; <sup>(3)</sup>Y = 4,48X + 2771,36 R<sup>2</sup>= 0,37

## CONCLUSÃO

A inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* aumenta a estatura de plantas e a produtividade de grãos de arroz das cultivares BRS Primavera e ANa 5011 de terras altas. O uso de N em cobertura até a dose de 75 kg ha<sup>-1</sup> de N promove um incremento linear na produtividade de grãos de arroz independente da cultivar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHAINTREUIL, C.; GIRAUD, E.; PRIN, Y. et al. Photosynthetic Bradyrhizobia are natural endophytes of the African wild rice *Oryza breviligulata*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 66, n. 12, p. 5437 – 5447, 2000.
- 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* Sp24**. Comunicado Técnico EMBRAPA, n. 69, dez. 2003.
- 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**, Washington, v. 67, n. 11, p. 5285 – 5293, 2001.