

Desenvolvimento inicial do milho em resposta a inoculação de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada.

Janaína Dartora⁽¹⁾; Cid Renan Jacques Menezes⁽²⁾; Joice Mari Assmann⁽³⁾; Edilaine Della Valentina Gonçalves⁽⁴⁾; Endrigo Antonio de Carvalho⁽²⁾; Vandeir Francisco Guimarães⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Doutoranda em Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE); Marechal Cândido Rondon, Paraná; janaina_dartora@yahoo.com.br; ⁽²⁾ Técnico em Agropecuária; Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR); ⁽³⁾ Engenheira Agrônoma; IAPAR; ⁽⁴⁾ Doutoranda em Agronomia; UNIOESTE; ⁽⁵⁾ Professor Programa de Pós Graduação em Agronomia; UNIOESTE.

RESUMO: Diversos estudos têm relatado efeito de promoção do crescimento através da inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da inoculação de estirpes de *A. brasilense* no desenvolvimento inicial do milho. O experimento foi conduzido na Estação Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR de Pato Branco (PR). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições e nove tratamentos: testemunha; 30 kg ha⁻¹ de N; 160 kg de N ha⁻¹; 30 kg ha⁻¹ de N + inoculação das estirpes de *A. brasilense*: AbV5; HM53; L26; L27; 4331 e 8121. Foram avaliadas altura, diâmetro basal do colmo, massa seca de parte aérea e área foliar. Diâmetro do colmo, altura e área foliar foram influenciadas pela inoculação de *A. brasilense*. A estirpe HM53 proporcionou incrementos de até 61% no desenvolvimento inicial das plantas de milho sendo a mais indicada para o preparo de inoculantes nas condições do presente estudo.

Termos de indexação: *Zea mays* L., estirpes, área foliar.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é o principal cereal produzido no Brasil, constituindo importante fonte nutricional na alimentação humana e na produção animal.

O nitrogênio (N) participa da composição de diversos componentes da célula vegetal, como aminoácidos, proteínas e ácidos nucléicos (Taiz & Zeiger, 2009), sendo considerado um dos maiores fatores de produção responsáveis pelo aumento da produtividade e da proteína dos grãos de milho. No entanto, o principal veículo de adição de N nos agrossistemas é o fertilizante nitrogenado, em sua maior parte oriundo de importações.

Uma alternativa visando otimizar o uso de fertilizantes inorgânicos consiste no aproveitamento dos benefícios da associação de bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPC) do gênero *Azospirillum* à gramíneas de interesse

econômico como o milho. Essas BPC são também denominadas diazotróficas, pois são fixadoras de N atmosférico (N₂) em gramíneas, porém não formam nódulos, mas colonizam os tecidos do vegetal ou se ancoram na superfície da raiz (Reis et al., 2000).

A inoculação de *A. brasilense* na cultura do milho em associação a adubação nitrogenada ainda não é uma prática totalmente consolidada, embora já existam produtos comerciais no mercado. Entretanto, diversos fatores influenciam a resposta da planta a essa associação. Neste contexto, um fator chave para o sucesso da inoculação com BPC em gramíneas consiste na seleção de estirpes eficientes para a fabricação de inoculantes, pois estudos indicam alguma afinidade entre estirpes de determinadas espécies com alguns híbridos ou mesmo cultivares de plantas (Penot et al., 1992).

Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência da inoculação de diferentes estirpes de *A. brasilense* no desenvolvimento inicial da cultura do milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido a campo na safra verão 2012/2013 na Estação Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, localizado no município de Pato Branco (PR). A área experimental apresenta altitude média de 700 m e o clima da região, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Cfa em transição para Cfb.

As características químicas do solo na profundidade de 0-20 cm são apresentadas na **Tabela 1**.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com nove tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos utilizados foram: testemunha sem N e sem inoculação; adubação nitrogenada na base (30 kg de N ha⁻¹); adubação nitrogenada na base e em cobertura (160 kg de N ha⁻¹) e adubação nitrogenada na base + inoculação de diferentes estirpes de *A. brasilense*: AbV5; HM053; L26; L27; 4331 e 8121.

A semeadura foi realizada com auxílio de “matracas” e as sementes foram umedecidas com

água destilada e posteriormente misturadas com o inoculante em uma proporção de 20 mL para cada kg de semente.

Anteriormente ao plantio, foram distribuídos com semeadora-adubadora os adubos fosfatados e potássicos, marcando as linhas de plantio. Cada parcela constou de seis linhas (0,8 m entre linhas) com 5 m de comprimento. Foi utilizado no experimento o híbrido simples 30F53 Herculex®.

A adubação foi realizada com base na análise química do solo, sendo aplicados no sulco de semeadura, 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 50 kg ha⁻¹ de K₂O. No momento da semeadura foi realizada a adubação nitrogenada na base (30 kg ha⁻¹ de N), exceto para o tratamento testemunha. O N em cobertura, no caso do tratamento com 160 kg ha⁻¹ de N, foi aplicado entre os estádios V4 e V6 e a fonte de N utilizada foi uréia (46% de N).

Na fase vegetativa (V8 – plantas com oito folhas totalmente expandidas) da cultura foi realizada a coleta de plantas para avaliação biométrica. Ainda a campo foram mensuradas a altura de plantas e o diâmetro de colmo, com auxílio de régua graduada e paquímetro digital, respectivamente. Em laboratório, foram determinadas a massa seca de parte aérea e a quantificação da área foliar utilizando-se o método de amostragens proposto por Benincasa (2003).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo programa SISVAR e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se influência dos tratamentos avaliados sobre as variáveis diâmetro basal do colmo, altura da planta e área foliar (**Tabela 2**). Para tais variáveis o tratamento testemunha não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos com exceção da inoculação da estirpe HM53 a qual proporcionou resultado superior à testemunha. Para o diâmetro basal do colmo a estirpe L27 também apresentou resultado inferior à estirpe HM53 embora sem diferir dos demais tratamentos.

A estirpe HM53 proporcionou incremento de 19% na no diâmetro basal do colmo em relação a testemunha e a estirpe L27. Dartora (2013), em estudo com a inoculação isolada e combinada de estirpes de *A. brasilense* e *Herbaspirillum seropediceae* na cultura do milho, observou que a inoculação combinada das estirpes proporcionou incremento de 15% no diâmetro basal do colmo em relação à testemunha porém sem diferir da inoculação isolada de cada estirpe. Verona et al. (2010), por sua vez, constataram que a inoculação de *Azospirillum* spp. na cultura do milho proporcionou incremento de 6% no diâmetro do colmo em relação a testemunha.

Para a altura de planta o incremento proporcionado pela estirpe HM53 em relação a testemunha foi de 25%. De forma contrária, outros estudos apontam ausência de efeito da inoculação sobre a altura de plantas de milho, o que tem sido comumente atribuído a uniformidade alcançada no melhoramento genético dos híbridos de milho (Campos et al., 2000; Cavallet et al., 2000). A área foliar das plantas de milho, por sua vez, apresentou incremento ainda maior de 61% com a inoculação de HM53 quando comparada a testemunha.

A massa seca da parte aérea não foi influenciada pelos tratamentos, porém observou-se que, embora sem diferença estatística, o acúmulo de massa seca nas plantas de milho submetidas a inoculação com a estirpe HM53 foi o mais expressivo entre os tratamentos avaliados (5687,5 kg ha⁻¹), superando inclusive o tratamento com adubação nitrogenada em cobertura (4804,5 kg ha⁻¹). Quadros (2009) observou incrementos de até 53% no rendimento da massa seca da parte aérea de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum* em relação ao controle.

Diversos estudos com *Azospirillum* spp. contataram aumento no desenvolvimento das plantas de milho e também no rendimento de grãos (Dobbelaere et al., 2002; Hungria et al., 2010) o que se deve a produção de fitohormônios como auxinas, giberelinas e citocininas por parte da bactéria, alterando a morfologia e fisiologia das raízes das plantas colonizadas (Hartmann & Zimmer, 1994). A liberação desses fitohormônios estimula a formação de pelos radiculares e a taxa de aparecimento de raízes secundárias aumentando a superfície do sistema radicular e a absorção de água e nutrientes (Okon et al., 1996).

CONCLUSÕES

A inoculação de estirpes de *A. brasilense* afeta positivamente o desenvolvimento inicial da cultura do milho.

A estirpe HM53 proporciona maior desenvolvimento inicial da cultura do milho sendo a mais indicada para o preparo de inoculantes nas condições do presente estudo.

A seleção de estirpes constitui etapa primordial nos estudos com inoculação, pois a planta responde de forma diferenciada às estirpes.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), em especial a Estação Experimental de Pato Branco – PR.

REFERÊNCIAS

BENINCASA, M. M. P. Análise de Crescimento de Plantas: Noções Básicas. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42p.

CAMPOS, B. H. C.; THEISEN, S.; GNATTA, V. Avaliação do inoculante “Graminante” na cultura do milho. *Ciência Rural*, 30:713-715, 2000.

CAVALLET, L. E.; PESSOA, A. C. S. dos; HELMICH, J. J. et al. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 4:129-132, 2000.

DARTORA, J. Desempenho agrônomo do milho em resposta à inoculação combinada com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* associada à adubação nitrogenada. Dissertação Mestrado - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon. 60p. 2012.

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGH, A.; THYS, A. et al. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. *Biology and Fertility of Soils*, 36:284-297, 2002.

HARTMANN, A.; ZIMMER, W. Physiology of *Azospirillum*. In: OKON, Y. (Ed.). *Azospirillum/plant associations*. Boca Raton: CRC Press, 1994. p. 15-39.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M. S. et al. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. *Plant and Soil*, 331:413-425, 2010.

OKON, Y.; BURDMAN, S.; KIGEL, J. et al. Physiological properties of *Azospirillum brasilense* and its growth promoting effects in the rhizosphere. In: International symposium on sustainable agriculture for the tropics: the role of biological nitrogen fixation, program and abstracts. Seropédica: EMBRAPA-CNPAB, p.55-56, 1995. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, 1996.

PENOT, I.; BERGES, N.; GUIGUENE, C. et al. Characterization of *Azospirillum* associated with maize (*Zea mays* L.) in France using biochemical tests and plasmid profiles. *Canadian Journal of Microbiology*, 38:798-803, 1992.

QUADROS, P. D. de. Inoculação de *Azospirillum* spp. em sementes de genótipos de milho cultivados no Rio Grande do Sul. Dissertação Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 62p. 2009.

REIS, V. M.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I. et al. Biological nitrogen fixation in gramineae and palm trees. *Critical Review in Plant Sciences*, 19:227-247, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. Porto Alegre: Artmed, 4ed., 819p. 2009.

VERONA, D. A.; DUARTE JUNIOR, J. B.; ROSSOL, C. et al. Tratamento de Sementes de Milho com Zeavit®, Stimulate® e Inoculação com *Azospirillum* sp. In: XXVIII CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 2010, Goiânia. Resumos... Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. p. 3731- 3737.

Tabela 1 - Caracterização química da camada de 0-20 cm do solo da área experimental. Pato Branco, 2012

Ca	Mg	K	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC	MO	V	P	pH CaCl ₂
-----cmol _c dm ⁻³ -----							g dm ⁻³	%	mg dm ⁻³	
3,91	1,64	0,23	0,26	4,96	5,78	10,74	44,23	53,82	10,33	4,5

Tabela 2 - Diâmetro basal do colmo, altura da planta, massa seca da parte aérea e área foliar de plantas de milho, híbrido 30F53, em função da inoculação de estirpes de *A. brasilense* e adubação nitrogenada. IAPAR, Pato Branco – PR, 2012/2013

	Diâmetro basal do colmo	Altura da planta	Massa seca da parte aérea	Área foliar
	mm	cm	kg ha ⁻¹	dm ² /planta
Testemunha	22,6 b	132,5 b	3995,6	108,2 b
30 kg ha ⁻¹ N	24,6 ab	143,9 ab	4863,2	133,7 ab
160 kg ha ⁻¹ N	23,7 ab	157,1 ab	4804,5	155,4 ab
N + AbV5	25,8 ab	157,2 ab	5087,2	158,9 ab
N + HM53	26,9 a	165,1 a	5687,5	174,4 a
N + L26	24,7 ab	156,6 ab	4930,4	147,0 ab
N + L27	22,6 b	146,6 ab	4262,0	129,6 ab
N + 4331	25,5 ab	153,9 ab	4661,5	141,8 ab
N + 8121	24,01 ab	154,1 ab	4849,8	147,7 ab
Média	24,5	151,9	4793,5	144,1
C.V.**	6,89	8,05	18,93	17,30

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, p<0,05.

**Coeficiente de variação (%).