

## Influência da inoculação com *Azospirillum* e *Herbaspirillum* e adubação nitrogenada no estado nutricional do milho<sup>(1)</sup>.

**Janaína Dartora<sup>(2)</sup>; Deniele Marini<sup>(3)</sup>; Edilaine Della Valentina Gonçalves<sup>(4)</sup>; Anderson Luiz Just<sup>(5)</sup>; Cid Renan Jacques Menezes<sup>(6)</sup>; Vandeir Francisco Guimarães<sup>(7)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Fundação Araucária, CAPES/PNPD e CNPq/INCT.

<sup>(2)</sup> Doutoranda em Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE); Marechal Cândido Rondon, Paraná; janaina\_dartora@yahoo.com.br; <sup>(3)</sup> Mestre em Produção Vegetal; UNIOESTE; <sup>(4)</sup> Doutoranda em Agronomia; UNIOESTE; <sup>(5)</sup> Zootecnista, UNIOESTE; <sup>(6)</sup> Técnico em Agropecuária; Instituto Agrônomo do Paraná; <sup>(7)</sup> Professor Programa de Pós Graduação em Agronomia; UNIOESTE.

**RESUMO:** Bactérias dos gêneros *Azospirillum* e *Herbaspirillum* associadas a gramíneas promovem incrementos no desenvolvimento vegetal. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da inoculação com bactérias dos gêneros *Azospirillum* e *Herbaspirillum* e adubação nitrogenada na cultura do milho. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições e tratamentos arranjados em esquema fatorial 5x4, sendo o primeiro fator a inoculação das sementes: testemunha, *A. brasilense* (Ab-V5), *H. seropedicae* (SmR1) e combinação Ab-V5+SmR1; e o segundo fator as doses de N: 0, 40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de N. Foram avaliados os teores de NPK foliar e de grãos. A inoculação das sementes influenciou os teores de P foliar e de N nos grãos. O teor de P foliar apresentou resposta linear crescente em função da adubação nitrogenada. A inoculação de estirpes de *A. brasilense* e *H. seropedicae* e a adubação nitrogenada influenciam de forma independente os teores de nutrientes no milho.

**Termos de indexação:** *Zea mays* L., N foliar, bactérias diazotróficas.

### INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas mais exploradas no mundo e o principal cereal produzido no Brasil, com enorme potencial para ser usado na alimentação humana e na produção animal.

O nitrogênio (N) é considerado um dos maiores fatores de produção responsáveis pelo aumento da produtividade e da proteína dos grãos de milho, sendo que os fertilizantes nitrogenados representam 75% dos custos da adubação do milho, o que corresponde a 40% dos custos totais de produção da cultura (Machado et al., 1998).

A inoculação de bactérias diazotróficas dos gêneros *Azospirillum* e *Herbaspirillum* em gramíneas tem promovido incrementos significativos no desenvolvimento radicular das plantas, resultando em melhor aproveitamento e utilização de água e nutrientes e, conseqüentemente, em melhor desenvolvimento

das plantas (Baldani et al., 1997). Por este motivo, pesquisas sobre a associação de bactérias diazotróficas com gramíneas têm avançado no caminho de um maior conhecimento das interações entre genótipo da planta e população bacteriana envolvida.

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da inoculação com bactérias dos gêneros *Azospirillum* e *Herbaspirillum* e da adubação nitrogenada sobre a cultura do milho.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido a campo na safra verão 2010/2011, em sistema de plantio direto, em Marechal Cândido Rondon - PR. O município está localizado a uma longitude de 54° 22' W, latitude 24° 46' S e altitude média de 420 metros.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico de textura argilosa, com as seguintes características na profundidade de 0 a 20 cm: pH (CaCl<sub>2</sub>) 4,6; P 18,34 mg dm<sup>-3</sup>; K 0,2 cmolc dm<sup>-3</sup>; matéria orgânica 34,18 g dm<sup>-3</sup>; Al 0,27 cmolc dm<sup>-3</sup>; Ca 2,92 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg 1,52 cmolc dm<sup>-3</sup>; CTC 11,84 cmolc dm<sup>-3</sup>; H+Al 7,19 cmolc dm<sup>-3</sup>.

O delineamento experimental empregado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições e os tratamentos arranjados em esquema fatorial 5x4, sendo o primeiro fator a inoculação das sementes com bactérias: testemunha, *Azospirillum brasilense* (Ab-V5), *Herbaspirillum seropedicae* (SmR1) e a combinação Ab-V5+SmR1; e o segundo fator as doses de adubação nitrogenada: 0, 40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de N. O híbrido utilizado foi o híbrido simples 30R50 e cada parcela experimental contou de 6 linhas (0,7 m entre linhas) com 5 m de comprimento. A adubação com fósforo e potássio foi realizada no sulco de semeadura, baseando-se nas análises químicas do solo, através de uma semeadora-adubadora. A adubação nitrogenada foi realizada com base nos tratamentos, sendo aplicado no sulco de plantio 30 kg ha<sup>-1</sup> de N e, para os devidos tratamentos, o restante da dose foi aplicado em cobertura entre os estádios V4 e V6,

exceto para o tratamento sem nitrogênio. Os demais tratamentos culturais foram realizados conforme as necessidades da cultura.

A coleta de tecido foliar para a análise dos teores de N, fósforo (P) e potássio (K) foi realizada no período do florescimento, sendo realizadas amostragens foliares conforme metodologia proposta por Malavolta et al. (1997). Coletou-se a folha oposta e abaixo da inserção da espiga principal de cada planta, num total de 10 folhas por unidade experimental.

As amostras coletadas foram acondicionadas em estufa de circulação forçada de ar a  $55 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  por 72 h, sendo posteriormente moídas e tomadas amostras para digestão sulfúrica. Os teores de N foram determinados em aparelho semi-micro Kjeldah de acordo com Tedesco et al. (1995). O teor de P foi determinado por espectrofotometria UV-VIS de acordo com Braga & Defelipo (1974), e o teor de K foi determinado por fotometria de chama. Amostras dos grãos foram trituradas em moinho tipo facas e passadas em peneiras de 2 mm para determinação dos teores de NPK nos grãos, conforme metodologia descrita anteriormente.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Para as variáveis com significância estatística (teste F) em função das doses de N foi utilizada análise de regressão, com a utilização do teste t de Student.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre os fatores em estudo.

O fator inoculação apresentou efeito significativo apenas sobre os teores de P foliar e de N nos grãos (**Tabela 1**).

Não houve influência da inoculação sobre o teor de N foliar, obtendo-se valor médio de  $31,3 \text{ g kg}^{-1}$  de N, valor que está dentro da faixa de suficiência considerada por Malavolta et al. (1997) como adequada para o desenvolvimento da cultura do milho ( $27,5$  a  $32,5 \text{ g kg}^{-1}$  de N). Dotto et al. (2010) também não constataram influência da inoculação com *H. seropedicae* sobre o teor de N nas folhas de milho. Já o teor de N nos grãos foi influenciado pela inoculação observando-se média superior para a inoculação combinada das estirpes em relação à inoculação isolada de Ab-V5 e semelhante à testemunha e à inoculação de SmR1.

Quanto ao teor de P foliar houve efeito significativo do fator inoculação, sendo observada média superior do tratamento inoculado com a estirpe SmR1 em relação à testemunha, sem diferir dos tratamentos inoculação com Ab-V5 e inoculação combinada das estirpes. Os valores observados encontram-se bem próximos do maior valor considerado como adequado por Malavolta et al. (1997) dentro da faixa de suficiência que é de

$2,5$  a  $3,5 \text{ g kg}^{-1}$  de P. Para o teor de P nos grãos não foi verificado efeito da inoculação, com valor médio para esta variável de  $2,0 \text{ g kg}^{-1}$  de P.

Já para os teores de K, tanto nas folhas como nos grãos, não houve efeito da inoculação sendo observados valores médios de  $52,4 \text{ g kg}^{-1}$  e  $15 \text{ g kg}^{-1}$  de K para folhas e grãos, respectivamente, em função da inoculação. O teor de K foliar encontra-se acima da faixa considerada adequada para o milho, entre  $17,5$  e  $22,5 \text{ g kg}^{-1}$ , segundo Malavolta et al. (1997). Teor elevado de K na planta pode ser associado com o aumento da produção de grãos, diretamente relacionado com o maior transporte e armazenamento de fotoassimilados nos grãos, já que o K participa do transporte de sacarose e fotoassimilados no sentido da fonte para o dreno (Marschner, 1995).

Quanto à influência da adubação nitrogenada sobre os teores de NPK em tecidos foliares e grãos de milho, foi verificado efeito significativo apenas para o teor de P foliar.

O fator adubação nitrogenada não influenciou o teor de N foliar obtendo-se valor médio de  $31,3 \text{ g kg}^{-1}$  de N em função das doses de N. Dotto et al. (2010) não observaram efeito da aplicação de N em cobertura sobre o conteúdo foliar de N. A ausência de resposta do teor de N foliar em relação à adubação nitrogenada observada neste estudo pode ser atribuída a um fator de diluição causado pelo crescimento contínuo da planta, que acarreta uma redução no percentual de N na parte aérea da planta de milho com o decorrer do ciclo.

O teor de N nos grãos não foi influenciado pela adubação nitrogenada em cobertura, concordando com os resultados obtidos por Deparis et al. (2007) que não constataram efeito da adubação nitrogenada em cobertura sobre os teores de NPK nos grãos.

Houve efeito da adubação nitrogenada sobre o teor de P foliar, obtendo-se através da análise de regressão um ajuste linear dos dados em função da adubação nitrogenada, com incremento de  $0,003 \text{ g kg}^{-1}$  de P para cada quilo de N adicionado ao solo (**Figura 1**). A principal função do P na planta está relacionada com os fenômenos de armazenamento e transferência de energia na planta, sob a forma de ATP, essencial à fotossíntese, síntese de proteínas, aminoácidos e lipídios (Fornasier Filho, 1992).

As doses de N não afetaram os teores de K e P nos grãos, obtendo-se teores médios de  $15,0$  e  $2,0$

g kg<sup>-1</sup>, para K e P respectivamente, diferindo dos resultados obtidos por Ferreira et al. (2001) que verificaram aumento significativo nos teores de todos os nutrientes analisados nos grãos, inclusive P e K, com o incremento da adubação nitrogenada.

### CONCLUSÕES

A inoculação de estirpes de *A. brasilense* e *H. seropediceae* e a adubação nitrogenada influenciam de forma independente os teores de nutrientes na planta de milho.

O teor de K foliar e nos grãos não é influenciado pelos fatores em estudo.

### AGRADECIMENTOS

À Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná, afiliada à Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior – SETI; à CAPES/PNPD e ao CNPq/INCT pelo suporte financeiro.

### REFERÊNCIAS

BALDANI, J. I.; CARUSO, L.; BALDANI, V.L.D. et al. Recent advances in BNF with non-legume plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 29:911-922, 1997.

BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. *Revista Ceres*, 21:73-85, 1974.

DEPARIS, G. A.; LANA, M. do C.; FRANDOLOSO, J. F. Espaçamento e adubação nitrogenada e potássica

em cobertura na cultura do milho. *Acta Scientiarum Agronomy*, 29:517-525, 2007.

DOTTO, A. P.; LANA, M. do C.; STEINER F. et al. Produtividade do milho em resposta à inoculação com *Herbaspirillum seropedicae* sob diferentes níveis de nitrogênio. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 5:376-382, 2010.

FERREIRA, A. C. de B.; ARAUJO, G. A. A.; PEREIRA, P. R. G. et al. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. *Scientia Agricola*, 58:131-138, 2001.

FORNASIERI FILHO, D. A cultura do milho. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 273p.

MACHADO, A. T.; SODEK, L.; DOBEREINER, J. et al. Efeito da adubação nitrogenada e da inoculação com bactérias diazotróficas no comportamento bioquímico da cultivar de milho Nitroflint. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 33:961-970, 1998.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.

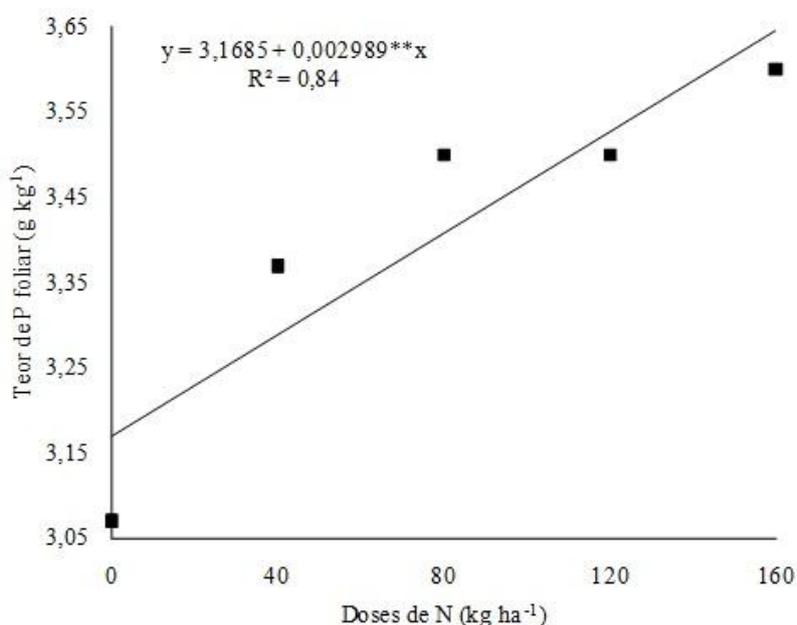
TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5).

**Tabela 1** - Teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), em folhas e grãos de plantas de milho, híbrido 30R50, em função da inoculação de forma isolada e combinada, das estirpes de *A. brasilense* (Ab-V5) e *H. seropedicae* (SmR1). Uniãoeste, Marechal Cândido Rondon, PR, 2010/2011

BACTÉRIA	Teor de N		Teor de P		Teor de K	
	Folha	Grão	Folha	Grão	Folha	Grão
	-----g kg <sup>-1</sup> -----					
Testemunha	30,4	13,3 ab	3,2 b	2,0	53,6	15,0
Ab-V5	32,3	11,23 b	3,3 ab	1,8	53,4	14,7
SmR1	30,0	12,3 ab	3,6 a	2,0	51,8	15,2
Ab-V5+SmR1	32,6	15,5 a	3,5 ab	2,0	50,8	15,2
Média	31,3	13,1	3,4	2,0	52,4	15,0
C.V. (%)**	12,0	33,6	12,08	23,01	8,94	6,85

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

\*\*Coeficiente de variação (%).



**Figura 1** - Teor de P foliar de plantas de milho, híbrido 30R50, em função da adubação nitrogenada. Uniãoeste, Marechal Cândido Rondon, PR, 2010/2011. \*\*: Significativo pelo teste T de Student ( $p \leq 0,01$ ).