

Teores de nutrientes foliares do milho em função da adubação nitrogenada e da inoculação com *Azospirillum* spp. ⁽¹⁾

Wésley Carlos Rossini de Souza⁽²⁾; Marcelo Andreotti⁽³⁾; Vanessa Zironi Longhini⁽⁴⁾; Nídia Raquel Costa⁽⁵⁾; Henrique Hernandes Berto⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Parte do trabalho de Mestrado do primeiro autor.

⁽²⁾ Mestrando em Agronomia (Sistemas de Produção); Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' – FE/UNESP; Ilha Solteira, São Paulo; wesley_rossini@hotmail.com; ⁽³⁾ Professor Adjunto I; Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' – FE/UNESP; Ilha Solteira, São Paulo; Bolsista CNPq; ⁽⁴⁾ Graduada em Zootecnia; Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' – FE/UNESP; Ilha Solteira, São Paulo; ⁽⁵⁾ Doutoranda em Agronomia (Sistemas de Produção); Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' – FE/UNESP; Ilha Solteira, São Paulo. Bolsista FAPESP; ⁽⁶⁾ Graduando em Agronomia; Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' – FE/UNESP; Ilha Solteira, São Paulo.

RESUMO: A cultura do milho é uma das mais exigentes em fertilizantes. Sendo uma alternativa à adubação mineral a inoculação de sementes com bactérias do gênero *Azospirillum*, que são fixadoras de N₂, e associadas à rizosfera das plantas podem contribuir com a sua nutrição. O trabalho teve por objetivo, avaliar os teores de nutrientes foliares e índice de clorofila foliar (ICF) no milho, na safra de primavera/verão de 2011/2012, em função de doses de N em cobertura e inoculação ou não das sementes com *Azospirillum* spp. O trabalho foi conduzido na FE/UNESP, localizada no município de Selvíria-MS, em área irrigada por aspersão. O milho (híbrido Simples AG 8088 YG) foi semeado em SPD. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 4 repetições, em esquema fatorial 5 x 2, cinco doses de N em cobertura (0; 30; 60; 90; 120 kg ha⁻¹) utilizando a ureia como fonte, com e sem inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. (Azototal na dose de 100 mL/25 kg de sementes). Quando as plantas de milho atingiram o estágio de florescimento pleno foram coletadas folhas para análise da massa seca quanto aos teores de N, P, K, Ca, Mg e S e no mesmo dia também foram efetuadas leituras ICF. A inoculação das sementes de milho com *Azospirillum* spp. aumentou os teores nutricionais foliares de N, P e K, bem como do índice de clorofila foliar. A adubação nitrogenada em cobertura elevou de forma linear os teores de K foliares no milho irrigado no cerrado.

Termos de indexação: bactérias diazotróficas, ureia, nutrição de plantas.

INTRODUÇÃO

A cultura do milho é uma das mais exigentes em fertilizantes, em especial os nitrogenados. Dentre os nutrientes componentes de adubos, o N é o mais oneroso, chegando a representar até cerca de 40% do custo total de produção da cultura de milho.

Uma alternativa que está sendo implantada por alguns agricultores para baratear o custo, seja de milho para silagem ou para produção de grãos, é o uso de bactérias diazotróficas, principalmente as do gênero *Azospirillum*, que são fixadoras de N atmosférico, e associadas à rizosfera das plantas podem contribuir com a sua nutrição.

Esta é uma alternativa promissora, pois esses microrganismos irão atuar na disponibilidade de N para a planta, além da produção de auxinas, substâncias responsáveis pelo estímulo do crescimento, podendo reduzir a utilização de fertilizantes nitrogenados sintéticos na cultura do milho (Reis Júnior et al., 2008).

Segundo Cavalett et al. (2000), o efeito da bactéria *Azospirillum* spp. no desenvolvimento das gramíneas, tem sido pesquisado nos últimos anos, não somente quanto à produtividade das culturas, mas também com relação às causas fisiológicas que, possivelmente, aumentam essa produtividade tanto de matéria seca quanto de grãos.

Sobre as respostas fisiológicas induzidas por *Azospirillum*, Barassi et al. (2008) relataram a melhoria em parâmetros fotossintéticos das folhas, incluindo o teor de clorofila e condutância estomática, maior teor de prolina na parte aérea e raízes, melhoria no potencial hídrico, incremento no teor de água do apoplasto, maior elasticidade da parede celular, maior produção de biomassa e maior altura de plantas.

Bashan et al. (2004) constataram incremento em vários pigmentos fotossintéticos, tais como clorofila a, b, e pigmentos fotoprotetivos auxiliares, como violaxantina, zeaxantina, aeroxantina, luteína, neoxantina e beta-caroteno, que resultariam em plantas mais verdes e com menor suscetibilidade ao estresse hídrico.

Portanto, o presente trabalho teve por objetivo, avaliar os teores de nutrientes foliares e índice de clorofila foliar (ICF) no milho, na safra de primavera/verão de 2011/2012, em função de doses de nitrogênio em cobertura e inoculação ou não das



sementes com a bactéria fixadora de nitrogênio *Azospirillum* spp.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FE/UNESP), localizada no município de Selvíria-MS, em área irrigada por aspersão (pivô central).

O solo é um LATOSSOLO VERMELHO distroférico textura argilosa, no qual estava em sistema plantio direto há 9 anos com a cultura anterior de trigo. Com o objetivo de caracterizar inicialmente o solo, antes da semeadura do milho foram realizadas amostragens em vinte perfis de tradagem na profundidade de 0 a 0,20 m. O solo foi destinado à análise química para fins de fertilidade, que apontou os seguintes valores: P_{resina} (mg dm⁻³) de 68; M.O. (g dm⁻³) de 23; pH em CaCl₂ de 5,8; K, Ca, Mg, H+Al e Al (mmol_c dm⁻³) de 2,6; 64; 26; 20 e 0, respectivamente; S-SO₄⁻ de 2 mg dm⁻³; V% de 82; Cu, Fe, Mn e Zn de 2,9; 14; 33,3 e 0,6 mg dm⁻³, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 4 repetições, em esquema fatorial 5 x 2, ou seja, cinco doses de N em cobertura (0; 30; 60; 90; 120 kg ha⁻¹) utilizando a ureia como fonte, com e sem inoculação das sementes do milho com a bactéria diazotrófica *Azospirillum* spp., fornecida pelo inoculante Azototal da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) na dose de 100 mL/25 kg de sementes.

Após a dessecção da vegetação da área com herbicida Glyphosate na dose de 1440 g i.a. ha⁻¹, o milho (híbrido Simples AG 8088 YG) foi semeado em 10/11/2011, em espaçamento de 0,90 m entrelinhas e com uma população final entre 55 e 60 mil plantas ha⁻¹. Cada parcela foi constituída por 4 linhas de milho, com 6 m de comprimento, perfazendo 21,60 m². A inoculação com o inoculante líquido foi realizada momentos antes da semeadura e à sombra.

Na adubação de semeadura foram aplicados 400 kg ha⁻¹ do formulado 4-30-10. Como adubação de cobertura foram aplicados os tratamentos de doses de N, realizada em 09/12/2011 com o milho no estágio fenológico de V6 (seis folhas totalmente desenvolvidas).

Quando as plantas de milho atingiram o estágio de florescimento pleno (30/12/2012) foram coletadas na área útil da parcela (2 linhas centrais), 20 terços médios das folhas opostas imediatamente abaixo da espiga, secas a 65°C em estufa de circulação forçada de ar até massa constante, moídas e encaminhadas para análise da massa seca quanto aos teores de N, P, K, Ca, Mg e S (Malavolta et al.,

1997). No mesmo dia também foram efetuadas leituras do índice de clorofila foliar (ICF) utilizando-se clorofilômetro digital (CFL 1030 – Falker). As leituras foram realizadas no terço médio das folhas da inserção da espiga principal, utilizando-se em média 10 folhas por parcela.

Os resultados dos teores de nutrientes foliares e índice ICF foram submetidos à análise de variância, posteriormente aplicou-se o teste de Tukey a 5% para comparação de médias quanto ao efeito ou não da inoculação e análise de regressão polinomial para doses de N em cobertura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 constam o índice de clorofila foliar (ICF) e os teores médios de macronutrientes foliares do milho no estágio de florescimento e após aplicação dos tratamentos. Para o ICF houve efeito da inoculação, a qual apresentou valores superiores ao do milho que não foi inoculado nas sementes por *Azospirillum*. Este resultado corrobora ao afirmado por Bashan et al. (2004) que constataram incremento em vários pigmentos fotossintéticos, tais como clorofila a, b, e pigmentos fotoprotetivos em plantas. Também Barassi et al. (2008) relataram a melhoria em parâmetros fotossintéticos das folhas, incluindo o teor de clorofila e condutância estomática, com maior produção de biomassa e maior altura de plantas.

Verifica-se que para os teores de nutrientes foliares, a inoculação incrementou as concentrações de N, P e K, e com redução dos teores de Ca. Esse efeito no Ca pode ser atribuído ao efeito de inibição competitiva pelo incremento na absorção de K. Com relação ao aumento dos teores de N, P e K, esse incremento é pela função principal das bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum*, que são fixadoras de N atmosférico, e que associadas à rizosfera das plantas podem contribuir com a produção de auxinas, substâncias responsáveis pelo estímulo do crescimento, e com este maior crescimento inclusive radicular, melhorar a sua nutrição.

Por efeito das doses de nitrogênio em cobertura, houve ajuste de regressão lineares positiva para os teores de K, demonstrando uma necessidade de aumento de absorção do nutriente para manter o equilíbrio N/K.

CONCLUSÕES

A inoculação das sementes de milho com *Azospirillum* spp. aumentou os teores nutricionais foliares de N, P e K, bem como do índice de clorofila



foliar. A adubação nitrogenada em cobertura elevou de forma linear os teores de K foliares no milho irrigado no cerrado.

REFERÊNCIAS

BARASSI, C.A.; SUELDO, R.J.; CREUS, C.M.; CARROZZI, L.E.; CASANOVAS, W.M.; PEREYRA, M.A. Potencialidad de Azospirillum en optimizar el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) *Azospirillum* spp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p.49-59.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L.E. Azospirillum-plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). *Canadian Journal of Microbiology*, 50:521-577, 2004.

CAVALLET, L. E.; PESSOA, A. C. dos S.; HELMICH, J. J.; HELMICH, P. R.; OST, C. F. 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.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

REIS JÚNIOR, F. B.; MACHADO, C. T. de T.; MACHADO, A. T.; SODEK, L. Inoculação de Azospirillum amazonense em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:1139-1146, 2008.

Tabela 1. Teores de macronutrientes foliares no florescimento pleno do milho da safra de primavera/verão (AG 8088 YG), em função das doses de nitrogênio e inoculação ou não das sementes com *Azospirillum* spp. Selvíria – MS, 2011.

	ICF	N	P	K	Ca	Mg	S
g kg ⁻¹							
Tratamentos	11,7**	6,30*	9,26**	9,9**	14,0**	0,66 ^{ns}	4,80*
Inoculado	61,6 a	26,8 a	3,8 a	21,7 a	2,6 b	1,7	2,6
Não Inoculado	55,1 b	25,0 b	3,3 b	20,8 b	3,0 a	1,8	2,4
Doses	1,08 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,98 ^{ns}	6,4**	1,62 ^{ns}	0,79 ^{ns}	1,14 ^{ns}
0	55,9	26,1	3,6	20,9 ⁽¹⁾	2,9	1,8	2,4
30	57,0	25,5	3,4	20,4	2,9	1,8	2,5
60	60,0	26,0	3,7	20,6	3,0	1,9	2,6
90	57,6	25,6	3,3	22,0	2,6	1,7	2,5
120	61,2	26,3	3,7	22,3	2,7	1,7	2,6
CV %	10,3	8,7	14,0	4,5	11,5	16,6	9,5

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ¹ K = 20,4 + 0,014N (R² = 62,4%)