

Reposta da Cultura do Milho à Inoculação de Sementes e Adubação Nitrogenada em Cobertura¹

Rogério Farinelli¹, Renata Kimie Hanashiro², Camila Baptista do Amaral² e Domingos Fornasieri Filho²

¹Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos (UNIFEB), Barretos, SP. rog.farinelli@hotmail.com ²Universidade Estadual Paulista (FCAV-UNESP), Jaboticabal, SP. rehanashiro@gmail.com, camila_agro07@yahoo.com e fornasieri@fcav.unesp.br

RESUMO: O trabalho foi conduzido em condições de campo na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias– UNESP, campus de Jaboticabal, com o objetivo de verificar a viabilidade agrônômica do uso de inoculante (*Azospirillum brasilense*) no tratamento de sementes na cultura do milho, associada à adubação nitrogenada em cobertura, como também avaliar o potencial produtivo da cultura. O delineamento experimental empregado foi em blocos ao acaso, com nove tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se pela ausência e presença de inoculação de sementes de milho (inoculante em pó e líquido) e pela adubação nitrogenada em cobertura (0, 90 e 120 kg ha⁻¹). Durante a condução do experimento foram avaliados os seguintes componentes: teor de N foliar, altura de planta e de primeira espiga, diâmetro de colmo, número de fileiras e de grãos por espiga, massa de 100 grãos, produtividade e teor de N nos grãos. O uso da inoculação de sementes promoveu melhorias nas características morfológicas e produtivas do milho. A maior média de produtividade foi alcançada com o inoculante em pó associado à aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

Palavras-chave: *Zea mays* L., bactérias diazotróficas, nitrogênio, características agrônômicas, produtividade de grãos.

Introdução

O milho é uma cultura que remove grandes quantidades de nitrogênio e por isso requer o uso de adubação nitrogenada intensiva, sendo muitas vezes recomendado o seu parcelamento, quando se deseja produtividades elevadas, com maior eficiência de utilização do fertilizante. Atualmente, muito se discute a respeito de quantidades de N aplicadas à cultura, como também a sua influência na produtividade.

O aumento do custo dos fertilizantes nitrogenados e a preocupação cada vez maior com possíveis efeitos negativos do excesso de nitrato nos mananciais são fatores que devem ser levados em consideração para o incentivo ao estudo do processo natural de fixação biológica do nitrogênio (CANTARELLA & DUARTE, 2004). Esse processo é realizado por microrganismos chamados diazotróficos (bactérias e cianobactérias fixadoras de nitrogênio).

Embora não seja uma prática agrícola consolidada quando comparada com a cultura da soja, alguns trabalhos científicos demonstram interação positiva entre bactérias diazotróficas

¹ Trabalho desenvolvido com o apoio financeiro da Syngenta Proteção e Cultivos.

com a cultura do milho, e a inoculação com *Azospirillum spp* resultou, na maioria dos casos, em aumento de matéria seca, de produção de grãos e de acúmulo de N nas plantas, principalmente quando envolveu genótipos de baixo potencial tecnológico na presença de baixa disponibilidade de N (OKON & VANDERLEYDEN, 1997).

Mendonça et al. (2006) verificaram que a inoculação com bactérias diazotróficas influenciou o desenvolvimento radicular e a absorção de nutrientes pelas plantas de milho. Provavelmente, esse resultado seja decorrente da produção de substâncias promotoras de crescimento pelas bactérias, como auxina, citocininas e giberelinas.

Desde 2003, institutos de pesquisa nacionais, especificamente a Embrapa Soja e a Universidade Federal do Paraná vem realizando pesquisas com inoculante em milho, trigo e arroz. Os resultados em diferentes condições edafoclimáticas mostraram que o *A. brasilense* promoveu um acréscimo de 25% e de 11% na produção de milho e de trigo, respectivamente.

O presente trabalho teve como objetivo verificar a viabilidade agrônômica do uso de inoculante no tratamento de sementes na cultura do milho associada à adubação nitrogenada em cobertura, como também avaliar o potencial produtivo da cultura.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, campus de Jaboticabal, em Latossolo Vermelho eutrófico típico, textura argilosa, A moderado. O manejo de solo foi constituído por uma escarificação e posteriormente duas gradagens niveladoras. Com auxílio de uma semeadora-adubadora foram abertos sulcos distanciados de 0,90m, realizando simultaneamente a aplicação de 24 kg ha⁻¹ de N, 84 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 48 kg ha⁻¹ de K₂O com o formulado 8-28-16 + 0,5% Zn, para uma produtividade estimada de 8 a 10 toneladas de grãos por hectare (CANTARELLA et al., 1997).

A semeadura foi realizada em 18/12/2009 de forma manual, utilizando o cultivar Impacto TL (híbrido simples), caracterizado como genótipo de milho transgênico, tolerante a *Spodoptera frugiperda*. A densidade de semeadura foi de seis sementes por metro de sulco, sendo posteriormente no estágio V₂ (segunda folha desenvolvida) efetuado o desbaste para correção da população a 60.000 plantas ha⁻¹.

O delineamento experimental empregado foi em blocos ao acaso, com nove tratamentos e quatro repetições, As parcelas foram representadas por cinco linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas em 0,90 m, considerando como área útil para realizar as avaliações as três linhas centrais. Os respectivos tratamentos corresponderam a: T1-ausência de inoculação de sementes + 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura (100% da adubação de cobertura),

T2-ausência de inoculação de sementes + 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura (75% da adubação de cobertura), T3-ausência de inoculação de sementes + 0 kg ha⁻¹ de N em cobertura (0% da adubação de cobertura), T4-inoculação de sementes (Inoculante em pó) + 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura, T5-inoculação de sementes (Inoculante em pó) + 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura, T6-inoculação de sementes (Inoculante em pó) + 0 kg ha⁻¹ de N em cobertura, T7-inoculação de sementes (Inoculante líquido) + 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura, T8-inoculação de sementes (Inoculante líquido) + 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura e T9-inoculação de sementes (Inoculante líquido) + 0 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

Os inoculantes utilizados foram formulados a partir da bactéria *Azospirillum brasilense* e as inoculações foram realizadas sob a forma de tratamento de sementes antes da semeadura. A dose comercial foi de 500 g ha⁻¹ para o inoculante em pó e 100 ml ha⁻¹ para o inoculante líquido. A escolha pela quantidade de 120 kg ha⁻¹ de N foi de acordo com a produtividade esperada de 8 a 10 toneladas de grãos por hectare, associada à classe de resposta alta ao nitrogênio, na qual está embasada em solos corrigidos e com alguns anos de cultivo de gramíneas (CANTARELLA et al., 1997). As adubações de cobertura foram efetuadas no estágio V₆, (sexta folha completamente desenvolvida), com a aplicação do fertilizante (uréia) em filete contínuo a 10 cm de distância das plantas de milho.

Durante o desenvolvimento da cultura do milho foram realizadas as avaliações do teor de nitrogênio foliar, altura de planta e de inserção de primeira espiga, diâmetro de colmo, número de fileiras por espiga, número de grãos por espiga, massa de 100 grãos, teor de nitrogênio nos grãos e produtividade de grãos. Os resultados foram submetidos à análise de variância, empregando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade para a comparação dos valores.

Resultados e Discussão

Os maiores valores médios para a altura de planta foram promovidos com a utilização do inoculante líquido com aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N e com a ausência de adubação nitrogenada de cobertura. Este efeito também ocorreu para a altura de inserção de primeira espiga, especificamente para a inoculação líquida associada à dose de 90 kg ha⁻¹ de N juntamente com o tratamento sem inoculação de sementes + 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Apesar da pouca diferença significativa apresentada, o uso do inoculante líquido com 90 kg ha⁻¹ de N foi superior ao inoculante em pó associado a 90 kg ha⁻¹ de N para esses dois componentes morfológicos (Tabela 1).

O efeito da adubação nitrogenada em cobertura associada à inoculação de sementes com *A. brasilense* de certa forma contribuiu para os resultados obtidos, pois o N atua no crescimento vegetativo, influenciando diretamente a divisão e expansão celular, e o processo fotossintético, promovendo acréscimo em altura de planta, altura de espiga e no diâmetro de colmo (FORNASIERI FILHO, 2007).

Quanto aos componentes da produção (Tabela 2), verifica-se que as características não foram influenciadas pelos tratamentos estudados. E para os teores de N, apenas para o teor foliar os resultados diferiram significativamente entre si (Tabela 3). O tratamento considerado como padrão (sem inoculação + 120 kg ha⁻¹ de N) apresentou o maior valor médio, com 33,2 g kg⁻¹, sendo que os menores teores médios foram obtidos na ausência do tratamento de sementes e com o inoculante em pó, ambos sem a adubação N em cobertura. Silva et al. (2004) relataram que há influência da bactéria na alteração da morfologia do sistema radicular, promovendo maior superfície de contato, e isso faz com que ocorra maior absorção de água e nutrientes pela planta, além de fixar o nitrogênio mais facilmente.

Na tabela 4, observa-se que para a produtividade de grãos, o tratamento com o inoculante em pó associado à adubação de 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura promoveu o maior valor médio, com 9.164 kg ha⁻¹ de grãos. Também vale destacar o inoculante líquido + 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Empregando-se o inoculante em pó + 120 kg ha⁻¹ de N houve superioridade de 2,7% e 5,7% em relação ao inoculante líquido e ausência de inoculação, ambos na mesma dose de N em cobertura, e isto refletiu em 4 e 8 sacas ha⁻¹, respectivamente.

Para os tratamentos que não receberam adubação nitrogenada em cobertura a produtividade obtida permaneceu abaixo da média geral do experimento, o que reflete a importância na nutrição mineral, exigência do N pela planta de milho e o suprimento não somente na adubação de semeadura. Fato este já relatado por Meira et al. (2009) que também obtiveram maiores produtividades com a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

Os resultados do respectivo trabalho de certa forma corroboram com Cavallet et al. (2000), os quais verificaram que a inoculação com *Azospirillum spp* aumentou significativamente a produtividade média de grãos de milho em 17%. Barros Neto (2008) também obteve acréscimo de produtividade em aproximadamente 9% com a inoculação de *A. brasilense*. Esse aumento também foi estabelecido com a associação de 100 e 150 kg ha⁻¹ de N em cobertura, comprovando que as doses de N estudadas não influenciaram a resposta da planta ao inoculante.

Todos esses resultados permitem afirmar que a dinâmica da adubação nitrogenada e também a eficiência de uso da inoculação de *Azospirillum spp* na cultura do milho é

dependente do sistema de produção, de cultivares, da quantidade e época de aplicação do fertilizante, formas de tratamento de sementes, como também das condições edafoclimáticas.

Conclusões

O uso da inoculação de sementes promoveu melhorias nas características morfológicas e produtivas do milho. A maior média de produtividade foi alcançada com o inoculante em pó associado à aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

Literatura Citada

BARROS NETO, C.R. Efeito do nitrogênio e da inoculação de sementes com *Azospirillum brasiliense* no rendimento de grãos de milho. Ponta Grossa, 2008. 29p. (Graduação em Agronomia – Universidade Estadual de Ponta Grossa).

CANTARELLA, H.; DUARTE, A.P. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. In: GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V. (Eds.). Tecnologias de produção do milho. Viçosa: UFV, 2004. p.139-182.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. Van; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds.). Recomendações técnicas de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. p.45-57. (Boletim Técnico 100).

CAVALLET, L.E.; PESSOA, A.C.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, Campina Grande, v.4, n.1, p.129-132, 2000.

FORNASIERI FILHO, D. Manual da cultura do milho. Jaboticabal: Funep, 2007. 576p.

MEIRA, F.A.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M. ARF, O.; SÁ, M.E.; ANDRADE, J.A. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v.30, n.2, p.275-284, 2009.

MENDONÇA, M.M.; URQUIAGA, S.C.; REIS, V.M. Variabilidade genotípica de milho para acumulação de nitrogênio e contribuição da fixação biológica de nitrogênio. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.41, n.11, p.1681-1685, 2006.

OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants. Applied and Environmental Microbiology, v.63, n.7, p.366-370, 1997.

SILVA, A.A.O.; FELIPE, T.A.; BACH, E.E. Ação do *Azospirillum brasiliense* no desenvolvimento das plantas de trigo (variedade IAC 24) e cevada (variedade CEV 95033). ConScientiae Saúde, São Paulo, v.3, p.29-35, 2004.

Tabela 1. Altura de planta, altura de inserção de primeira espiga e diâmetro de colmo na cultura do milho, em função da inoculação de sementes e adubação nitrogenada em cobertura. Jaboticabal, 2010.

Tratamentos ¹	Altura de planta ²	Altura de primeira espiga	Diâmetro de colmo
	------(cm)-----		
sem inoculação + 120 kg ha ⁻¹ de N	204 ab	121 ab	1,9 a
sem inoculação + 90 kg ha ⁻¹ de N	209 ab	126 a	1,9 a
sem inoculação + 0 kg ha ⁻¹ de N	208 ab	122 ab	2,0 a
inoculante 1 + 120 kg ha ⁻¹ de N	206 ab	122 ab	1,9 a
inoculante 1 + 90 kg ha ⁻¹ de N	201 b	116 b	2,0 a
inoculante 1 + 0 kg ha ⁻¹ de N	208 ab	117 ab	1,9 a
inoculante 2 + 120 kg ha ⁻¹ de N	212 ab	123 ab	2,1 a
inoculante 2 + 90 kg ha ⁻¹ de N	216 a	125 a	2,1 a
inoculante 2 + 0 kg ha ⁻¹ de N	214 a	123 ab	2,0 a
Teste F	3,21*	3,13*	1,20 ^{ns}
CV (%)	2,53	2,94	4,51
Média	209	122	2,0

¹ Inoculante 1 (pó) = 500 g ha⁻¹ e Inoculante 2 (líquido) = 100 mL ha⁻¹. ² médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo; * significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 2. Número de fileiras por espiga, número de grãos por espiga e massa de 100 de grãos na cultura do milho, em função da inoculação de sementes e adubação nitrogenada em cobertura. Jaboticabal, 2010.

Tratamentos ¹	Número de fileiras por espiga ²	Número de grãos por espiga	Massa de 100 grãos

	(g)		
sem inoculação + 120 kg ha ⁻¹ de N	17 a	576 a	26,7 a
sem inoculação + 90 kg ha ⁻¹ de N	16 a	479 a	26,0 a
sem inoculação + 0 kg ha ⁻¹ de N	17 a	552 a	25,7 a
inoculante 1 + 120 kg ha ⁻¹ de N	16 a	535 a	27,2 a
inoculante 1 + 90 kg ha ⁻¹ de N	17 a	567 a	27,0 a
inoculante 1 + 0 kg ha ⁻¹ de N	17 a	576 a	26,3 a
inoculante 2 + 120 kg ha ⁻¹ de N	17 a	558 a	27,5 a
inoculante 2 + 90 kg ha ⁻¹ de N	17 a	563 a	26,8 a
inoculante 2 + 0 kg ha ⁻¹ de N	17 a	560 a	27,3 a
Teste F	0,36 ^{ns}	1,08 ^{ns}	2,77 ^{ns}
CV (%)	4,94	10,43	3,15
Média	17	552	26,6

¹ Inoculante 1 (pó) = 500 g ha⁻¹ e Inoculante 2 (líquido) = 100 mL ha⁻¹. ² médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo; * significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 3. Teor de nitrogênio foliar e teor de nitrogênio nos grãos na cultura do milho, em função da inoculação de sementes e adubação nitrogenada em cobertura. Jaboticabal, 2010.

Tratamentos ¹	Teor de N foliar ²	Teor de N nos grãos
	----- (g kg ⁻¹) -----	
sem inoculação + 120 kg ha ⁻¹ de N	33,2 a	13,0 a
sem inoculação + 90 kg ha ⁻¹ de N	30,0 abc	12,3 a
sem inoculação + 0 kg ha ⁻¹ de N	28,7 bc	11,4 a
inoculante 1 + 120 kg ha ⁻¹ de N	31,2 abc	11,4 a
inoculante 1 + 90 kg ha ⁻¹ de N	30,0 abc	11,6 a
inoculante 1 + 0 kg ha ⁻¹ de N	28,0 c	11,9 a
inoculante 2 + 120 kg ha ⁻¹ de N	30,5 abc	11,2 a
inoculante 2 + 90 kg ha ⁻¹ de N	32,2 ab	12,0 a
inoculante 2 + 0 kg ha ⁻¹ de N	32,0 ab	12,3 a
Teste F	5,30**	1,99 ^{ns}
CV (%)	4,80	6,66
Média	30,6	11,9

¹ Inoculante 1 (pó) = 500 g ha⁻¹ e Inoculante 2 (líquido) = 100 mL ha⁻¹. ² médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo; * significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 4. Produtividade de grãos na cultura do milho, em função da inoculação de sementes e adubação nitrogenada em cobertura. Jaboticabal, 2010.

Tratamentos ¹	Produtividade de grãos ²
	(kg ha ⁻¹)
sem inoculação + 120 kg ha ⁻¹ de N	8.667 abc
sem inoculação + 90 kg ha ⁻¹ de N	8.656 abc
sem inoculação + 0 kg ha ⁻¹ de N	8.094 c
inoculante 1 + 120 kg ha ⁻¹ de N	9.164 a
inoculante 1 + 90 kg ha ⁻¹ de N	8.216 bc
inoculante 1 + 0 kg ha ⁻¹ de N	8.046 c
inoculante 2 + 120 kg ha ⁻¹ de N	8.919 ab
inoculante 2 + 90 kg ha ⁻¹ de N	8.008 c
inoculante 2 + 0 kg ha ⁻¹ de N	8.510 abc
Teste F	7,05**
CV (%)	3,66
Média	8.475

¹ Inoculante 1 (pó) = 500 g ha⁻¹ e Inoculante 2 (líquido) = 100 mL ha⁻¹. ² médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo; * significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade.