

Inoculação com *Azospirillum* e Adubação em Milho Orgânico

Neli Cristina Belmiro dos Santos¹, Lauro Kenji Komuro², Leandro Barradas Pereira², Lilian Christian Domingues de Souza², Gustavo Pavan Mateus¹ e Silvia Antoniali do Carmo³

¹Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios/Extremo Oeste. Andradina/SP. neli@apta.sp.gov.br, gpmateus@apta.sp.gov.br. ²ETEC Sebastiana Augusta de Moraes, Andradina/SP. komurolk@ig.com.br, lbpereira25@hotmail.com, lilianagronomia90@hotmail.com. ³Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios/IAC. Jundiaí/SP. santoniali@iac.sp.gov.br

RESUMO - A fixação biológica de nitrogênio (FBN) através de *Azospirillum* é uma tecnologia que visa diminuir o uso intenso dos recursos naturais, reduzir o custo de produção do milho com bom nível de produtividade da cultura, de forma a garantir o manejo sustentável do sistema de produção. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* e da aplicação de composto orgânico no desenvolvimento e produtividade de cultivares de milho. Para tanto, foi desenvolvido um experimento de campo em Andradina-SP, de dezembro de 2011 a março de 2012. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com 4 repetições e 12 tratamentos constituídos pela combinação de 2 cultivares de milho (BM 3061 e XB 7116), ausência e presença de inoculação com *Azospirillum* e 3 doses de adubação orgânica (2, 4 e 6 toneladas por hectare). A inoculação e as doses de composto orgânico não influenciaram o desenvolvimento e produtividade de espigas verdes e de grãos. A cultivar BM 3061 apresentou maior desenvolvimento em altura e diâmetro do colmo e menor diâmetro de espigas e massa de cem grãos.

Palavras-chave: composto orgânico, agroecologia, *Zea mays* L., diazotrófica.

Introdução

Os nutrientes são considerados um dos fatores de produção responsáveis pelo aumento da produtividade e da proteína dos grãos de milho, no entanto representam a maior parte do custo de produção da cultura. Por outro lado, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) através de *Azospirillum* é uma tecnologia que pode diminuir o uso intenso dos recursos naturais e garantir o manejo sustentável do sistema de produção. Dessa forma, uma grande economia seria possível se pelo menos parte do nitrogênio necessário a cultura fosse fornecido pela associação com bactérias fixadoras de nitrogênio (diazotróficas). Além da fixação biológica do nitrogênio, Dobbelaere & Okon (2007) citados por Chavarria & Mello (2011) afirmam que a inoculação promove benefícios diretos como a produção de fitohormônios, principalmente auxinas, e solubilização do fósforo no solo. Assim, há aumento significativo no desenvolvimento radicular (número de radículas, diâmetro das raízes laterais e adventícias) o que pode resultar em melhor aproveitamento e utilização dos nutrientes e água e maior

tolerância ao déficit hídrico. Indiretamente ocorre a indução da resistência de doenças, controle biológico e produção de compostos orgânicos que captam ferro.

Segundo Reis Junior et al. (2008) a identificação, seleção e o uso de genótipos de milho mais tolerantes à deficiência de nitrogênio e eficientes na sua aquisição é uma estratégia importante. Assim, deve-se buscar genótipos que formem associações eficientes com bactérias diazotróficas e/ou promotoras de crescimento.

A partir dessas considerações, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência da inoculação das sementes com bactérias diazotróficas e da adubação em cultivares de milho em sistema orgânico.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido na Escola Técnica Estadual de Andradina, no município de Andradina-SP, localizado na região noroeste do Estado de São Paulo a 379 metros de altitude, latitude 20°58'S e longitude 51°19'W. O clima, segundo a classificação Köpen é tropical quente e úmido com inverno seco. A precipitação média anual é de 1.150 mm e a temperatura média anual é de 23°C e o solo classificado como Argissolo. Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo da área experimental e realizada análise físico-química que revelou os seguintes valores: P= 6 mg dm⁻³; pH (CaCl₂)= 4,9; M.O.= 12 g dm⁻³; K⁺=2,2 mmol_c dm⁻³; Ca⁺²= 9 mmol_c dm⁻³; Mg⁺²= 6 mmol_c dm⁻³; H+Al= 18 mmol_c dm⁻³ e V= 49%.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com 4 repetições e 12 tratamentos constituídos pela combinação da ausência e presença de inoculação com *Azospirillum brasilense*, 2 cultivares de milho (BM 3061 e XB 7116) e 3 doses de adubação orgânica (2, 4 e 6 toneladas por hectare). As parcelas foram constituídas por 5 linhas de milho espaçadas de 0,8 m entre si com 5,0 m de comprimento com 5 plantas por metro. Dentro da parcela foi considerada como área útil as 3 linhas centrais desprezando-se 0,5 m das extremidades. O milho foi semeado manualmente em dezembro de 2011, utilizando-se a população de 62.500 mil plantas ha⁻¹. A adubação foi realizada com o composto (OrganoSuper ®) na forma granulada, que apresenta aproximadamente 50% de matéria orgânica, P de 2 a 4%, N de 3 a 5%, K de 0,7 a 1,5% e relação C/N de 10/1. A adubação de cobertura foi realizada com 15 DAE das plantas com 50 kg ha⁻¹ de N na forma de composto orgânico farelado. O controle de pragas foi efetuado com quatro aplicações de óleo de *Nim* a 1%. Por ocasiões das pulverizações foram efetuadas adubações foliares alternadamente com

humissolve a 1% e fertish a 1%. O controle de plantas daninhas foi efetuado através de capina manual aos 20 e 35 DAE.

Foram realizadas as avaliações: a) crescimento (altura plantas, altura da primeira espiga e diâmetro do colmo); b) produtividade de espigas verdes (número total e comercial de espigas, massa das espigas com palha e despalhadas); c) características das espigas verdes (diâmetro e comprimento médio) e d) massa de cem grãos e produtividade de grãos secos.

Os dados obtidos foram submetidos a análise da variância e as médias comparadas através do teste de Tukey ($P < 0,05$).

Resultados e Discussão

A altura de plantas, de primeira espiga e o diâmetro do colmo não foram influenciados pela inoculação e doses do composto orgânico (Tabela 1). Houve efeito isolado da cultivar utilizada para a altura de plantas e o diâmetro do colmo. A cultivar BM 3061 apresentou maior desenvolvimento em altura e diâmetro do colmo, quando comparada à XB 7116. O diâmetro do colmo é uma característica de grande importância, pois plantas com maior diâmetro basal são menos sujeitas ao tombamento e quebramento e facilitam a colheita mecanizada. A altura média das plantas ficou em torno de 2,30 m, altura da primeira espiga foi de 1,02 m e o diâmetro 1,99 cm.

Não houve diferença estatística entre os tratamentos (inoculação com *Azospirillum*, cultivares e adubação) para número total e comercial de espigas e massa de espigas com palha e sem palha (Tabela 2). Os maiores valores de produtividade de espigas foram observados na ausência de inoculação, no híbrido XB 7116, e adubação na maior dose de composto (6 toneladas). A produtividade média alcançada ficou em torno de 48 mil espigas por hectare, 8010 kg por hectare de espigas sem palha. Os resultados de produtividade em cultivo orgânico deste trabalho são semelhantes aos obtidos por Santos et al. (2005), porém utilizando doses maiores de adubação (30 t ha^{-1} de esterco bovino). No entanto, Guedes et al. (2010) estudando a cultivar AG1051 sob cultivo orgânico obtiveram produtividades menores, da ordem de 5960 kg ha^{-1} de espigas despalhadas e $39 \text{ mil espigas ha}^{-1}$ utilizando $10 \text{ t de esterco ha}^{-1}$.

Assim, constatou-se boa produtividade da cultura em primeiro ano sob cultivo orgânico. Galvão (1995) comparando o efeito da adubação mineral e composto orgânico em milho, também verificou que a adubação orgânica ($10 \text{ a } 15 \text{ t ha}^{-1}$), forneceu quantidade de nutrientes suficientes para incrementar a produtividade mesmo no primeiro ano. Ao longo dos

anos a produtividade de grãos ficou acima de 5000 kg ha⁻¹, além da melhoria na fertilidade do solo, contribuindo para a sustentabilidade da produção. Outro benefício do uso de resíduos orgânicos, segundo a Cruz et al. (2006), é que estes representam uma forma equilibrada de nutrição mineral às plantas, tornando o solo menos propenso aos efeitos depauperantes do cultivo intensivo.

Em relação ao tamanho das espigas verdes, o diâmetro foi influenciado pela inoculação e pela cultivar (tabela 3). Espigas verdes de maior diâmetro foram obtidas sem inoculação e com a cultivar XB 7116. O comprimento de espigas não foi influenciado pelos tratamentos. A massa de cem grãos somente foi influenciada pelo híbrido, sendo maior na cultivar XB 7116. Didonet et al. (2000) no entanto, trabalhando com trigo verificaram que a inoculação proporcionou uma translocação mais eficiente da biomassa das plantas para os grãos, produzindo grãos com mais massa e mais cheios. A inoculação, os cultivares e as doses do composto estudados no presente trabalho não apresentaram diferenças significativas na produtividade de grãos secos. Para Didonet et al. (2000), mesmo não ocorrendo incremento em rendimento de grãos com a inoculação, de maneira geral, têm ocorrido um melhor uso dos fertilizantes, devido ao maior desenvolvimento de raízes proporcionado pelas bactérias. Cavallet et al. (2000), no entanto, obtiveram um ganho significativo de 17% na produção de grãos secos com inoculação de *Azospirillum* em milho, sem contudo influenciar a altura de plantas. Um fator que pode ter contribuído para a não resposta do milho a inoculação é a condição edafoclimática do local do experimento, uma vez que o mesmo foi conduzido em condições de sequeiro e em solo arenoso, o que pode ter sido negativo para a fixação biológica de nitrogênio e benefícios na produtividade.

Conclusões

A inoculação com *Azospirillum* e as doses de composto orgânico não influenciaram o desenvolvimento e produtividade de espigas verdes e grãos das cultivares estudadas.

As cultivares BM 3061 e XB 7116 apresentaram produtividades semelhantes, porém a primeira apresentou maior desenvolvimento em altura e diâmetro do colmo e menor diâmetro de espigas e massa de cem grãos.

Literatura Citada

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, v.4, n.1, p.129-132, 2000.

CHAVARRIA, G.; MELLO, N. Bactérias do gênero *Azospirillum* e sua relação com gramíneas. Revista Plantio Direto, v.125, 2011. Disponível em:<http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=1075>. Acesso em: 20 abr. 2012.

CRUZ, J.C.; KOZEN, E.A.; PEREIRA FILHO, I.A.; MARRIEL, I.E.; CRUZ, I.; DUARTE, J.O.; OLIVEIRA, M.F.; ALVARENGA, R.C. Produção de milho orgânico na agricultura familiar. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 17p. (Circular Técnica, 81).

DIDONET, A.D.; LIMA, O.S.; CANDATEN, A.A.; RODRIGUES, O. Realocação de nitrogênio e de biomassa para grãos de trigo submetidos à inoculação com *Azospirillum*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.35, n.2, p. 401-411, 2000.

GALVÃO, J.C.C. Características físicas e químicas do solo e produção de milho exclusivo e consorciado com feijão, em função de adubações orgânica e mineral contínuas. 1995. 194p. Tese (doutorado)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

GUEDES, R.E.; RUMJANEK, N.G.; XAVIER, G.R.; GUERRA, J.G.M.; RIBEIRO, R.L.D. Consórcios de caupi e milho em cultivo orgânico para produção de grãos espigas verdes. Horticultura brasileira, v.28, p.174-177, 2010.

REIS JUNIOR, F.B.; MACHADO, C.T.T.; MACHADO, A.T.; SODEK, L. Inoculação com *Azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, n.3, p.1139-1146, 2008.

SANTOS, I.C.; MIRANDA, G.V.; MELO, A.V.; MATTOS, R.N.; OLIVEIRA, L.R.; LIMA, J.S.; GALVÃO, J.C.C. Comportamento de cultivares de milho produzidos organicamente e correlações entre características das espigas colhidas no estágio verde. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.4, p.45-63, 2005.

Tabela 1. Médias de altura de plantas, altura da primeira espiga e diâmetro do colmo de milho cultivado em sistema orgânico em Andradina-SP, safra 2011/2012.

Tratamentos	Altura de plantas (m)	Altura da primeira espiga (m)	Diâmetro do colmo (cm)
Inoculação			
Com inoculação	2,30	1,00	1,96
Sem inoculação	2,29	1,03	2,02
Cultivar			
BM 3061	2,34 a	1,03	2,03 a
XB 7116	2,25 b	1,01	1,95 b
Adubação			
2 toneladas	2,29	1,01	2,00
4 toneladas	2,29	1,02	2,01
6 toneladas	2,32	1,03	1,97
Média	2,30	1,02	1,99
C.V. %	4,26	10,85	7,41

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Médias de número total e comercial de espigas, massa de espigas com palha e despalhadas de milho cultivado em sistema orgânico em Andradina-SP, safra 2011/2012.

Tratamentos	Número total de espigas ha ⁻¹	Número de espigas comerciais ha ⁻¹	Massa de espigas com palha ha ⁻¹ (kg)	Massa de espigas despalhadas ha ⁻¹ (kg)
Inoculação				
Com inoculação	46549	37174	12331	7659
Sem inoculação	49739	40169	13405	8361
Cultivar				
BM 3061	47591	37304	12251	7788
XB 7116	48697	40039	13485	8232
Adubação				
2 toneladas	46582	36718	12134	7812
4 toneladas	46972	38671	12677	7840
6 toneladas	50878	40625	13792	8379
Média	48144	38671	12868	8010
C.V. %	13,93	18,41	19,24	18,69

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Médias de diâmetro e comprimento de espigas comerciais, massa de cem grãos e produtividade de grãos milho cultivado em sistema orgânico em Andradina-SP, safra 2011/2012.

Tratamentos	Diâmetro (cm)	Comprimento (cm)	Massa de cem grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
Inoculação				
Com inoculação	4,45 b	19,19	30,74	6700
Sem inoculação	4,52 a	19,51	29,06	6622
Cultivar				
BM 3061	4,43 b	19,41	29,09 b	6592
XB 7116	4,55 a	19,30	30,72 a	6730
Adubação				
2 toneladas	4,49	19,08	29,69	6935
4 toneladas	4,47	19,56	29,42	6394
6 toneladas	4,51	19,41	30,59	6654
Média	4,49	19,35	29,90	6661
C.V. %	2,44	3,19	8,03	15,26

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.