

Resposta de Cultivares de Milho ao Nitrogênio em Cobertura e à Inoculação com *Azospirillum*

Aildson Pereira Duarte¹, Rita de Cássia Piedade², Viviane Costa Martins³, e Heitor Cantarella⁴ e Vera Lúcia Nishijima Paes de Barros⁵

¹Programa Milho e Sorgo IAC/APTA, Instituto Agrônomo, Campinas, email: aildson@apta.sp.gov.br; ²Fundag/Apta Regional, Assis, email: ritapiedade@yahoo.com.br; ³Departamento Técnico da Stoller do Brasil Ltda, Campinas, email: vmartins@stoller.com.br; ⁴Instituto Agrônomo, Campinas, email: cantarella@iac.sp.gov.br; ⁵Apta Regional, Capão Bonito, email: vpaes@apta.sp.gov.br

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi verificar se os híbridos de milho diferem quanto à resposta à inoculação das sementes com *Azospirillum* e ao nitrogênio aplicado em cobertura e avaliar o efeito da inoculação no nitrogênio foliar e na produtividade de grãos. Foram instalados experimentos em Capão Bonito (SP) e Palmital (SP), na safra 2010/11, utilizando o delineamento em blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas com dois híbridos (DKB390YG e 30F35H), com ou sem inoculação das sementes com *Azospirillum* ABV 5 + ABV6 e seis doses de N em cobertura (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹). O híbrido 30F35H foi mais responsivo à adubação nitrogenada de cobertura que o DKB390YG. A inoculação beneficiou a nutrição e a produtividade do milho apenas em Capão Bonito, aumentando a concentração foliar de N nas doses maiores do fertilizante e, especificamente no DKB390YG, o ganho de produtividade com a adubação nitrogenada. Conclui-se que os efeitos da adubação nitrogenada e da inoculação dependem do material genético e, conforme o ambiente, a inoculação melhora a nutrição das plantas, mas não proporciona a substituição parcial da adubação nitrogenada.

Palavras-chave: *Zea mays* L., Adubação; Análise foliar; Interação genótipo x ambiente

Introdução

A recomendação de adubação nitrogenada leva em conta principalmente a produtividade esperada, o que está diretamente relacionado com a extração pela planta e a exportação de N pelos grãos, e o histórico da gleba, a fim de prever empiricamente a contribuição do N do solo em conjunto com alguns aspectos do manejo do solo (Cantarella & Duarte, 2000).

Não há diferenciação na adubação nitrogenada por híbrido. Entretanto, há claras indicações de diferenças na utilização do N entre os genótipos, não apenas em termos de resposta à fertilização nitrogenada, mas também em eficiência na absorção, acumulação e

utilização do N absorvido (Balko & Russel, 1980; Feil et al., 1993). Duarte et al. (1998) demonstraram que híbridos de milho comercializados no Estado de São Paulo apresentam diferentes respostas à aplicação do nitrogênio em cobertura.

Recentemente, foi introduzida a técnica da inoculação das sementes de milho com *Azospirillum*, que pode auxiliar na nutrição nitrogenada da cultura. Estas bactérias podem transferir parte dos nutrientes necessários às plantas associadas e/ou produzir substâncias promotoras de crescimento, que melhoram o enraizamento das plantas, proporcionando o aumento da produtividade das culturas. Mas, elas têm capacidade limitada de transferir nitrogênio para a planta hospedeira, se comparadas com as bactérias que fixam simbioticamente o nitrogênio (Döbereiner, 1990; Boddey et al., 1986)

Como a tecnologia da inoculação do milho é nova, ainda faltam informações se esta pode proporcionar economia de parte da adubação nitrogenada e se é efetiva para todos os híbridos em diferentes ambientes de produção. O objetivo deste trabalho foi verificar, em dois ambientes, se os híbridos de milho diferem quanto a resposta à inoculação das sementes com *Azospirillum* e ao nitrogênio aplicado em cobertura e avaliar a contribuição da inoculação na nutrição e produtividade do milho.

Material e Métodos

Desenvolveram-se experimentos em Palmital e Capão Bonito na safra 2010/11. O primeiro na área Experimental Agroflorestal Sustentável, em altitude 490 m, e o segundo no Pólo Regional Sudoeste, em altitude 720 m, ambos da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios.

Os experimentos foram desenvolvidos em áreas sob plantio direto em sucessão a cultura do trigo, em Latossolo Vermelho distroférico em Palmital e Latosso Vermelho distrófico em Capão Bonito. Em Capão Bonito o solo apresentava valores mais elevados de capacidade de troca de cátions e saturação em bases do que em Palmital, mas em ambos os locais havia gradiente decrescente em profundidade para fósforo, potássio e zinco.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas com seis repetições. Nas parcelas foram dispostos quatro tratamentos (duas inoculações x dois híbridos) e nas subparcelas foram avaliadas seis doses de nitrogênio, totalizando 144 parcelas.

Os tratamentos aplicados nas parcelas foram Testemunha (sementes não inoculadas) e sementes tratadas com o inoculante líquido Masterfix Gramínea, da Stoller do Brasil Ltda, formulado com as estirpes ABV-5 e ABV-6 de *Azospirillum brasilense* selecionadas pela

UFPR, misturado nas sementes na dose 100 ml por 60.000 sementes 2 a 3 horas antes da semeadura. Estes tratamentos foram combinados com os híbridos DKB 390 YG (Dekalb) e 30F35 H (Pioneer). Nas subparcelas, empregaram-se as doses 0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio, na forma de nitrato de amônio, na superfície do solo e ao lado da linha, no estágio de 6 folhas das plantas.

As subparcelas foram constituídas de quatro linhas de 7,0 m de comprimento, avaliando-se 5,0 m das duas linhas centrais. O espaçamento entre linhas foi 80 cm e a população inicial 64 mil e 71 mil plantas por hectare em Palmital e Capão Bonito respectivamente.

Os experimentos foram semeados com adubadora-semeadora tracionada por trator nos dias 27 e 28 de outubro de 2011 e adubados com 300 e 250 kg/ha da fórmula NPK 8-28-16 em Palmital e Capão Bonito, respectivamente (20 a 24 kg/ha de N). Nos dois locais a umidade do solo estava adequada para germinação, mas um pouco mais seco em Capão Bonito, e ocorreram chuvas por ocasião da emergência.

Por ocasião do florescimento das plantas, amostraram-se 10 folhas da espiga principal em cada parcela. Estas foram secas em estufa e analisadas quanto ao teor de N foliar no Laboratório do Instituto Agrônomo (IAC), em Campinas.

A colheita das espigas foi manual, com posterior debulha e pesagem dos grãos em laboratório. Calculou-se a produtividade de grãos por área, corrigindo a umidade para 13,0 %.

Procedeu-se a análise de variância dos resultados por local, desdobrando as interações significativas entre os fatores ao nível de significância de 10%. As médias dos tratamentos inoculação foram comparadas pelo teste Tukey a 5% e as doses de nitrogênio por regressão polinomial a 5% de significância.

Utilizaram-se informações de chuva e temperatura média diária coletadas em estações agrometeorológicas do Instituto Agrônomo (IAC) em áreas adjacentes aos experimentos para construir balanços hídricos decendiais pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) modificado por Camargo e Camargo (1983).

Resultados e Discussão

As condições ambientais foram mais favoráveis para a cultura do milho em Capão Bonito do que em Palmital. Em Capão Bonito as temperaturas mínimas e máximas foram menores do que em Palmital devido à menor altitude do primeiro (diferença de 200 m na altitude).

O balanço hídrico, considerando que a maior parte das raízes encontra-se até 50 cm de profundidade, indicou que houve deficiência hídrica no solo por um longo período em Palmital. Porém, as plantas atingiram altura normal (2,5 m), indicando que não houve estresse hídrico acentuada no estágio vegetativo, provavelmente, porque as raízes atingiram profundidades mais profundas. O florescimento ocorreu na primeira semana de janeiro, quando ocorreram chuvas e se restabeleceu a reserva de água no solo. Já, em Capão Bonito, as chuvas foram bem distribuídas durante todo o ciclo da cultura e as deficiências hídricas insignificantes. Logo, nos dois locais, a disponibilidade de água no solo não foi limitante para as plantas na fase mais crítica para a produção de grãos.

A produtividade dos experimentos foi próxima à obtida pelos melhores agricultores em cada região, com valores médios iguais a 9,5 e 12,1 toneladas por hectare em Palmital e Capão Bonito respectivamente (Quadro 1).

Os híbridos apresentaram diferenças em produtividade e concentração de N foliar. O DKB 390 YG foi mais produtivo do que o 30F35H em Palmital, embora a magnitude da diferença tenha sido pequena (4%). Nos dois locais, o DKB 390 YG apresentou maiores valores de N foliar em comparação ao 30F35H (Quadro 1).

A produtividade aumentou linearmente com as doses de nitrogênio em cobertura nos dois locais. Acrescenta-se que em Capão Bonito houve interação entre híbridos e doses; o 30F35H apresentou resposta mais acentuada ao nitrogênio do que no DKB 390 YG (Figura 1). Considerando que são necessários 7 kg de milho para comprar um 1 kg de fertilizante, as doses máximas econômicas para os híbridos 30F35H e DKB 390YG foram 131 e 92 kg ha⁻¹ respectivamente. Também foi observada interação entre híbridos e doses para o teor de N foliar; a resposta ao nitrogênio do 30F34H foi linear e a do DKB 390 YG quadrática.

A inoculação das sementes com *Azospirillum* teve efeito na produtividade de grãos nos dois locais, sendo benéfica em Capão Bonito e desfavorável em Palmital. No primeiro local o efeito foi detectado apenas no desdobramento da interação híbrido x inoculação. Com a inoculação a produtividade aumentou 3,1% (364 kg ha⁻¹) no DKB 390 YG em Capão Bonito e diminuiu 5,2% (499 kg ha⁻¹) no 30F35H em Palmital. Porém, o efeito desfavorável da inoculação foi notado apenas nos tratamentos com pouco nitrogênio (ausência e 30 kg ha⁻¹).

O efeito da inoculação com *Azospirillum* no aumento da produtividade do DKB390 YG coincide com a melhoria da nutrição da cultura. A concentração de N foliar aumentou de maneira mais acentuada com a inoculação em comparação com a testemunha (Figura 1).

Conclusões

Os efeitos da adubação nitrogenada e da inoculação com *Azospirillum* na nutrição e produtividade do milho dependem do material genético. Destaca-se a resposta positiva do DKB 390YG à inoculação e a maior resposta do 30F35H à adubação nitrogenada em comparação ao DKB 390YG. A inoculação pode aumentar a concentração foliar de N, mas não proporciona a substituição parcial da adubação nitrogenada.

Agradecimentos

Aos técnicos José Angelino de Paula e Edimilson Alves de Mello, da Apta Regional, Pólos do Sudoeste Paulista e do Médio Paranapanema, em Capão Bonito e Assis, respectivamente, pelo apoio na condução dos experimentos de campo. A Stoller do Brasil Ltda e a Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola (Fundag) pelo apoio financeiro ao projeto.

Referências Bibliográficas

- BALKO, L.G. & RUSSEL, W.A. Response of maize inbred lines to N fertilizer. *Agronomy Journal*, v.72, p.723-728, 1980.
- BODDEY, R.M., BALDANI, V.L.D., BALDANI, J.I. e DÖBEREINER, J. Effect of inoculation of *Azospirillum* spp on the nitrogen assimilation of field grown wheat. *Plant & Soil*, v.95, p.109-121, 1986.
- 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 de milho*. Viçosa: Editora UFV, 2004. p.139-182
- DUARTE, A.P.; FREITAS, J.G.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; CANTARELLA, H. Eficiência e resposta de genótipos de milho ao nitrogênio em cobertura. Resumos. XXII Congresso Nacional de Milho e Sorgo. 06 a 11 de setembro de 1998. Recife (PE), Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 1998. p.184
- DÖBEREINER, J. Avanços recentes na pesquisa em fixação biológica de nitrogênio no Brasil. *Estud. av.* vol.4 no.8 São Paulo Jan./Abr, 1990
- FEIL, B.; THIRAPORN, R.; LAFITTE, H.R. Accumulation of nitrogen and phosphorus in the grain of tropical maize cultivars. *Maydica*, v.38, p.291-300, 1993.

Quadro 1. Produtividade de grãos e concentração de nitrogênio foliar em função de híbridos, doses de nitrogênio em cobertura e inoculação das sementes com *Azospirillum* em Palmital (SP) e Capão Bonito (SP), 2010/11.

Tratamentos	Produtividade		N foliar	
	Palmital	Capão Bonito	Palmital	Capão Bonito
	kg ha ⁻¹		g kg ⁻¹	
Híbrido				
30F35H	9.323 b	12.122	20,3 b	21,0 b
DKB 390YG	9.661 a	12.124	21,3 a	21,7 a
Dose (kg ha⁻¹)				
0	7.846	10.743	17,6	18,4
30	8.616	11.482	18,4	20,3
60	9.378	12.146	20,7	21,1
90	9.839	12.411	21,9	22,1
120	10.514	13.055	23,3	22,9
150	10.761	12.902	22,9	23,3
Inoculação				
com	9.310 b	12.178	20,7	21,4
sem	9.674 a	12.069	20,9	21,4
Média	9.492	12.123	20,8	21,4
	Inoculação (Inoc)	**	ns	ns
	30F35H	*	ns	ns
	DKB390YG	ns	+	ns
	Híbrido	*	ns	**
	Dose(N)	**	**	**
p<F ⁽¹⁾	linear	**	**	ns
	quadrático	ns	ns	**
	Inoc*Híbrido	ns	+	ns
	Inoc*Dose	ns	ns	*
	Híbrido*Dose	ns	**	ns
	Inoc*Híbrido*Dose	ns	ns	ns
CV (%)	9,3	8,1	10,3	8,2

* , ** e + indica significativo ao nível de 5%, 1% e 10%, respectivamente, e ns = não significativo. Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem pelo teste Tukey 5%.

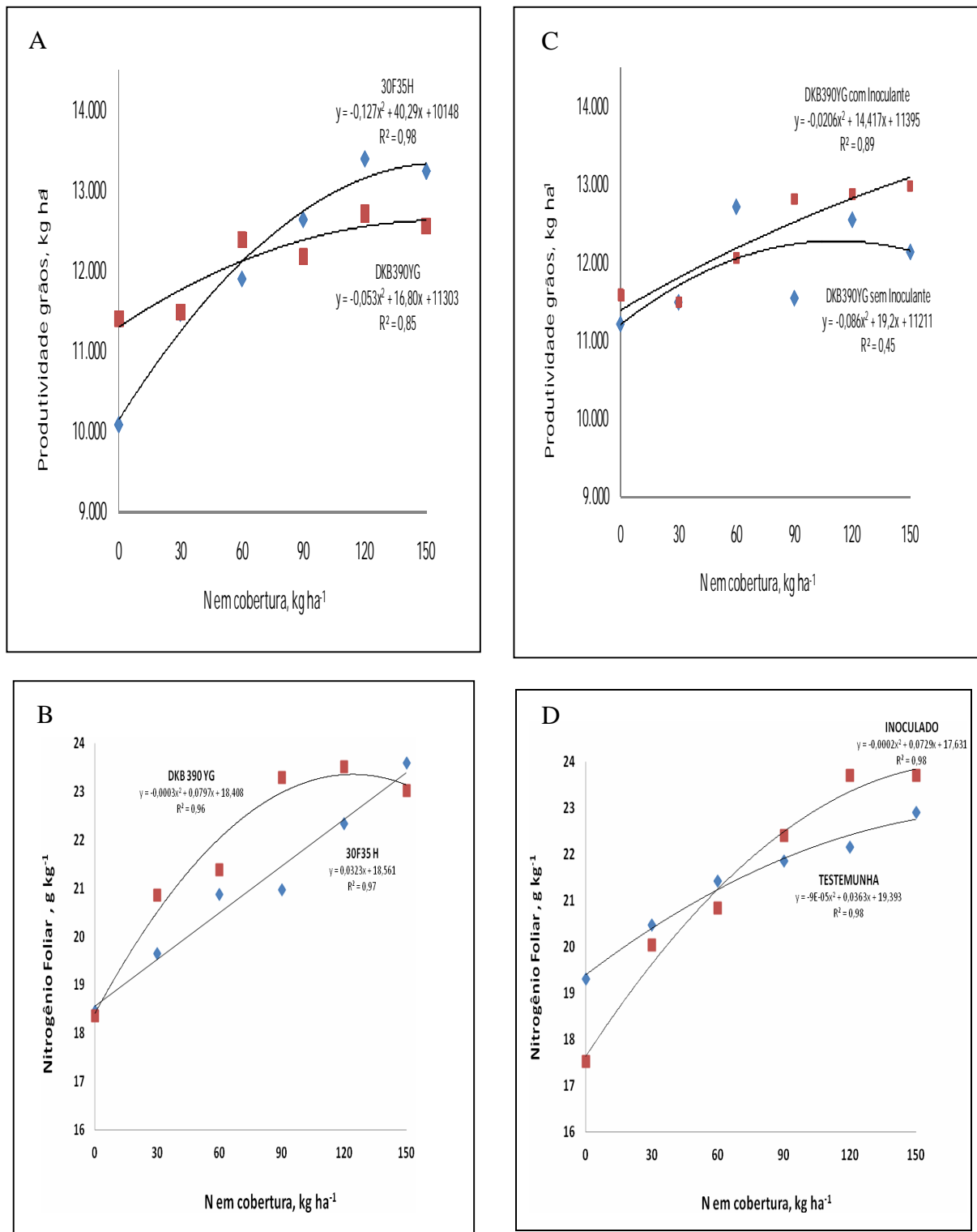


Figura 1. Resposta dos híbridos DKB390YG e 30F35H ao nitrogênio aplicado em cobertura quanto à produtividade de grãos e à concentração de nitrogênio foliar (A e B), interação entre doses e inoculação para a produtividade do DKB 390YG (C) e interação entre doses e inoculação para concentração de N foliar média dos dois híbridos (D), em Capão Bonito (SP), 2010/11.