

Inoculação com *Azospirillum brasilense*, ureia e ureia revestida com polímero e doses de N em cobertura no milho cultivado em cerrado de baixa altitude

Flávio Hiroshi Kaneko¹, Orivaldo Arf², João Paulo Ferreira³, Douglas de Castilho Gitti⁴, Edjair Augusto Dal Bem⁴, Salatiér Buzetti⁵, Michelle Traete Sabundjian⁶

^{1,4} Doutorando em agronomia (Sistemas de produção) / Bolsista FAPESP – UNESP campus de Ilha Solteira. fhkaneko@hotmail.com, gittidouglas@hotmail.com. ^{2,5} Docentes da UNESP campus de Ilha Solteira. arf@agr.feis.unesp.br, sbuzetti@agr.feis.unesp.br. ³ Doutorando em agronomia (Sistemas de produção) – UNESP campus de Ilha Solteira. ferreirajpferreira@gmail.com. ^{4,6} Mestrando em agronomia (Sistemas de produção). edjairflorestal@hotmail.com, michelletraete@hotmail.com

RESUMO - Vem se estabelecendo um novo conceito de adubação nitrogenada, com novas calibrações de doses de N tanto para a ureia revestida com polímeros bem como para áreas com inoculação com *Azospirillum brasilense* para a cultura do milho. Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense*, o uso da ureia e da ureia revestida com polímero e doses de nitrogênio em cobertura nos componentes de produção e produtividade do milho em sistema plantio direto na região de Selvíria-MS. Foram avaliados a população final de plantas, massa seca por planta, teor de N nas folhas, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, massa de 100 grãos e produtividade de grãos. Conclui-se que a inoculação com *Azospirillum brasilense*, na ausência de N em cobertura, incrementa a produtividade assim como as doses de N na ausência de *Azospirillum brasilense* e a ureia revestida com polímero promove melhor fornecimento de N às plantas.

Palavras chave: fixação de nitrogênio, *Zea mays* L., adubação nitrogenada, aditivos, Policote[®].

Introdução

O milho é um cereal de grande importância para o agronegócio mundial, por ser considerado o principal insumo na fabricação de ração animal. Além disso, atualmente, sua produção vem aumentando, para ser utilizado como matéria-prima na fabricação de etanol.

A adubação nitrogenada tem um papel importante, por ser o N o nutriente absorvido em maior quantidade pelo milho e, principalmente, pela dificuldade de avaliar sua disponibilidade no solo, devido às múltiplas reações a que ele está sujeito, mediadas por micro-organismos e afetadas por fatores climáticos de difícil previsão (Cantarella e Duarte, 2004).

Dentre as tecnologias que visam o aproveitamento dos recursos naturais para a nutrição das plantas, destaca-se a fixação de nitrogênio por microrganismos. Em

gramíneas, este assunto já vem sendo discutida há anos. No entanto, sua eficiência foi muito questionada e com isso novos micro-organismos foram desenvolvidos nos últimos anos, dentre essas se destaca o *Azospirillum brasilense* estirpes A_bV₅ e A_bV₆, testadas e comercializadas em várias regiões do Brasil.

Outra tecnologia debatida entre pesquisadores, técnicos e produtores é o revestimento da ureia com produtos, com o intuito de diminuir as perdas, principalmente por volatilização da amônia. Dentre esses se destaca a adição de produtos com solubilidade controlada por meio de resinas ou polímeros. Existem vários produtos comerciais com solubilidade controlada, comercializados no mundo, mas, devido ao elevado preço, são utilizados em nichos de mercado de culturas de alto valor agregado (Cantarella, 2007).

Desta forma, para a adubação nitrogenada na cultura do milho, vem se estabelecendo um novo conceito, com novas calibrações de doses de N tanto para a ureia revestida com polímeros bem como em áreas com inoculação com *Azospirillum brasilense*.

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* estirpes A_bV₅ e A_bV₆, do uso da ureia revestida com polímero e doses de nitrogênio em cobertura nos componentes de produção e produtividade do milho em sistema plantio direto na região do cerrado de baixa altitude.

Material e Métodos

O delineamento experimental foi de parcelas subdivididas em esquema fatorial 2x2x5, com 4 repetições, com os tratamentos nas parcelas, constituídos pela inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* (com e sem inoculação), e nas subparcelas, a combinação de fontes de N (ureia e ureia revestida por polímero) e doses de N em cobertura (0, 45, 90, 135 e 180 kg ha⁻¹). O produto utilizado para o revestimento é o Policote[®] da empresa Produquímica. As unidades experimentais foram constituídas por 7 linhas de 0,45 m com 5 m de comprimento, considerando como área útil as 5 linhas centrais para avaliações.

O trabalho foi conduzido na safra “verão” 2011/12 em Selvíria-MS, na Fazenda de ensino, pesquisa e extensão da UNESP campus de Ilha Solteira, em área manejada sob sistema plantio direto em sucessão à cultura do milheto. O híbrido de milho utilizado foi o AG 8088 VT PRO cujas sementes foram tratadas com 25 g i.a do inseticida Fipronil. A inoculação de sementes para as parcelas inoculadas ocorreu após

o tratamento com o inseticida, com 200 g de inoculante turfoso com 2×10^8 células viáveis g^{-1} p.c para cada 25 kg de sementes. A adubação de cobertura com as determinadas fontes foram realizadas na fase V₅ do milho em faixas ao lado de cima das linhas de cultivo.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo vermelho textura argilosa com as seguintes características químicas (0 – 0,20 m): pH - (CaCl₂): 5,2; Ca, Mg, K, H + Al = 25,13, 2,8 e 21- 21 mmol_c dm⁻³; P (resina) - 10 mg dm⁻³; Matéria orgânica - 18 g dm⁻³; S - 8 mg dm⁻³. A adubação de semeadura constou-se de 400 kg ha⁻¹ da fórmula 08-28-16 no sulco. O experimento foi conduzido sob irrigação via pivô central com aplicação de 15 mm de água duas vezes por semana.

Foram avaliados: População final de plantas, Massa seca por planta, Teor de N nas folhas (Malavolta, 2006), número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira, massa de 100 grãos e produtividade de grãos. Os dados foram submetidos a análise de variância, teste de Tukey e análise de regressão através do programa SISVAR.

Resultados e Discussão

Não houve efeito significativo da interação tripla entre os fatores inoculação x fontes de N x doses de N para nenhuma das características avaliadas.

Para a população final de plantas (Tabela 1), nenhum dos fatores influenciou significativamente ($p > 0,05$) esta variável a qual se manteve nos patamares entre 53 e 58 mil plantas por hectare indicando adequado estabelecimento de plantas deste híbrido. Da mesma forma, a massa seca por planta (Tabela 1) seguiu a mesma tendência, não havendo incremento em seu valor ($p > 0,05$).

Ambas as fontes de N promoveram teor de N foliar (Tabela 1) dentro da faixa recomendada por Sousa e Lobato (2004) para o cerrado; contudo a ureia revestida por Policote[®] proporcionou significativamente ($p < 0,05$) maior valor (29,22 g kg⁻¹) em relação ao uso da ureia tradicional (28,46 g kg⁻¹). Verificou-se efeito significativo ($p < 0,05$) para interação entre inoculação com *Azospirillum brasilense* e doses de N em cobertura conforme ilustrado na Tabela 2. Quando não efetuada a inoculação com *Azospirillum brasilense* (Tabela 2), o incremento nas doses de N em cobertura acarretou linearmente ($p < 0,05$) maior valor para esta variável; no entanto na presença de inoculação, não houve resposta à adubação nitrogenada em cobertura. Observa-se também na Tabela 2, que na ausência de adubação nitrogenada, a inoculação com

Azospirillum brasilense foi capaz de fornecer N às plantas por apresentar maior teor de N foliar (28,28 g kg⁻¹), estando neste caso, dentro dos patamares adequados conforme os autores citados anteriormente. Porém, quando fornecido N em cobertura na dose máxima (180 kg ha⁻¹), o maior valor para o teor de N foliar foi observado nos tratamentos sem *Azospirillum brasilense*, indicando que com alto suprimento de N, o *Azospirillum brasilense* pode até mesmo competir com as plantas pelo N fornecido via adubação.

Em relação ao número de grãos por fileira por espiga (Tabela 3) somente as doses de N em cobertura proporcionaram aumento significativo (p<0,05), sendo que para cada 1 kg de N aplicado houve incremento linear em 0,0014 fileiras. Para o número de grãos por fileira e massa de 100 grãos (Tabela 3) nenhum dos fatores influenciaram estatisticamente (p>0,05) estas variáveis.

Embora a produtividade de grãos (Tabela 4) com o uso da ureia revestida com Policote[®] ter apresentado incremento em 529 kg ha⁻¹ em relação à ureia tradicional, não foi evidenciado (p>0,05) diferenças significativas entre as fontes, possivelmente seguindo a mesma tendência da população final de plantas (Tabela 1). Para a inoculação com *Azospirillum brasilense* e doses de N em cobertura, observou-se efeito significativo (p<0,05) para a interação entre esses fatores (Tabela 5) seguindo orientação semelhante às observadas para o teor de N foliar (Tabela 2). Quando não se fez inoculação, houve resposta significativa (p<0,05) às dose de N em cobertura em ordem linear; de outra forma, quando houve a presença do *Azospirillum brasilense*, a cultura do milho não respondeu (p>0,05) a adubação nitrogenada em cobertura.

Na ausência de adubação nitrogenada em cobertura (Tabela 5) a inoculação com *Azospirillum brasilense* proporcionou acréscimo significativo (p<0,05) próximo de 38% em relação aos tratamentos sem inoculação com esta bactéria. Por outro lado, quando se adubou com N nas doses de 135 e 180 kg ha⁻¹, as produtividades foram maiores (p<0,05) nas áreas sem *Azospirillum brasilense*, havendo diferenças na ordem 15 e 14% em relação às áreas inoculadas respectivamente para ambas as doses de N.

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que a inoculação com *Azospirillum brasilense*, na ausência de adubação nitrogenada em cobertura, promove melhor fornecimento de N às plantas de milho, incrementando a produtividade de grãos nesta condição; O uso da ureia revestida com Policote[®] fornece N mais adequadamente quando comparado com a ureia tradicional; Na ausência de inoculação com *Azospirillum*

brasiliense há resposta linear na produtividade de grãos com aumento das doses de N em cobertura.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela concessão da bolsa de doutorado ao primeiro autor.

Literatura Citada

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

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F., ALVAREZ, V.H., BARROS, N.F., FONTES, R.L., CANTARUTTI, R.B., NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. Viçosa, SBCS, 2007, p.375-471.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006, 638p.

SOUSA, D.M.G., LOBATO, E. Cerrado – Correção do solo e adubação. Brasília, 2 ed. 2004, 416 p.

Tabela 1. População final de plantas, massa seca das plantas e teor de N foliar para o milho cultivado em Selvíria-MS, safra 2011/12.

Tratamentos	População final de plantas (plantas ha ⁻¹)	Massa seca por planta (g planta ⁻¹)	Teor de N foliar (g kg ⁻¹)
Inoculação			
Sem	56.444	72,60	29,06
Com	54.667	81,25	28,63
Fontes			
Ureia	55.000	74,95	28,46 b
Ureia com Policote®	56.611	78,90	29,22 a
Doses de N (kg ha)			
0	53.889	73,79	26,62
45	57.639	80,38	27,34
90	54.722	82,06	29,70
135	53.472	73,24	30,26
180	58.055	75,15	30,28
CV Parcela (%)	6,81	28,87	8,92
CV Subparcela (%)	13,85	14,22	5,75

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Tabela 2. Desdobramento da interação significativa entre inoculação *Azospirillum brasilense* e doses de N em cobertura, para o teor de N nas folhas na ocasião do florescimento para o milho “verão” cultivado em Selvíria, safra 2011/12.

Inoculação	Doses de N em cobertura (kg ha ⁻¹)				
	0	45	90	135	180
	Teor de N nas folhas (g kg⁻¹)				
Sem ¹	24,97 b	28,37	29,09	30,63	32,24 a
Com	28,28 a	26,32	30,32	29,84	28,33 b
DMS	2,01				

¹ $y = 25,6757 + 0,038 x$ ($R^2 = 0,95$). Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Tabela 3. Número de fileiras por espiga, grãos por fileira e massa de 100 grãos para o milho cultivado em Selvíria-MS, safra 2011/12.

Tratamentos	Fileiras de grãos por espiga (fileiras espiga ⁻¹)	Grãos por fileira (grãos fileira ⁻¹)	Massa de 100 grãos (g)
Inoculação			
Sem	18,01	31,63	28,32
Com	18,10	32,27	28,74
Fontes			
Ureia	18,09	32,03	28,70
Ureia com Policote [®]	18,03	31,87	28,36
Doses de N (kg ha)			
0	17,56 ¹	31,75	27,02
45	18,38	31,63	28,28
90	17,94	32,77	28,53
135	18,19	31,83	28,79
180	18,22	31,75	29,05
CV Parcela (%)	3,44	3,36	8,59
CV Subparcela (%)	4,26	5,66	8,51

¹ $y = 17,8313 + 0,0014 x$ ($R^2 = 0,31$). Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Tabela 4. Produtividade de grãos para o milho cultivado em Selvíria-MS , safra 2011/12.

Tratamentos	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
Inoculação	
Sem	9514
Com	9668
Fontes	
Ureia	9327
Ureia com Policote [®]	9856
Doses de N (kg ha⁻¹)	
0	8480
45	9706
90	9673
135	9728
180	10370
CV Parcela (%)	13,97
CV Subparcela (%)	14,01

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Tabela 5. Desdobramento da interação significativa entre inoculação com *Azospirillum brasilense* e doses de N em cobertura para a produtividade de grãos do milho “verão” cultivado em Selvíria, safra 2011/12.

Inoculação	Doses de N em cobertura (kg ha ⁻¹)				
	0	45	90	135	180
Produtividade de grãos (kg ha⁻¹)					
Sem ¹	7130 b	9346	9409	10518 a	11162 a
Com	9830 a	10065	9937	8938 b	9572 b
DMS	1320,95				

¹ $y = 7664,45 + 20,5549 x$ ($R^2 = 0,90$). Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.