

## **Inoculação com *Azospirillum brasilense*, Ureia e Ureia revestida com Polímero e doses de N em Cobertura no Milho Cultivado em Cerrado de Maior Altitude**

Flávio Hiroshi Kaneko<sup>1</sup>, Orivaldo Arf<sup>2</sup>, Aguinaldo José Freitas Leal<sup>3</sup>, Gabriel Luiz Piatí<sup>4</sup>, Bruna Regina Gorgen<sup>5</sup>, Salatiér Buzetti<sup>6</sup>, Marcelo Valentini Arf<sup>7</sup>, Flávio Henrique Franzote<sup>8</sup>

<sup>1</sup>Doutorando em agronomia (Sistemas de produção) / Bolsista FAPESP – UNESP campus de Ilha Solteira. [fhkaneko@hotmail.com](mailto:fhkaneko@hotmail.com). <sup>2,6</sup> Docentes da UNESP campus de Ilha Solteira. [arf@agr.feis.unesp.br](mailto:arf@agr.feis.unesp.br), [sbuzetti@agr.feis.unesp.br](mailto:sbuzetti@agr.feis.unesp.br). <sup>3</sup> Docente do curso de agronomia da UFMS, campus de Chapadão do Sul (CPCS), Tutor / Bolsista PET/Sesu/MEC [aguinaldo.leal@ufms.br](mailto:aguinaldo.leal@ufms.br). <sup>4,5</sup> Discente Agronomia UFMS / CPCS, Bolsista PET/Sesu/MEC, [gabrielpiati@hotmail.com](mailto:gabrielpiati@hotmail.com), [bruna.gorgen@hotmail.com](mailto:bruna.gorgen@hotmail.com). <sup>7</sup> Pesquisador da Fundação Chapadão, [marceloarf@fundacaochapadao.com.br](mailto:marceloarf@fundacaochapadao.com.br). <sup>8</sup> Discentes agronomia da UNESP campus de Ilha Solteira, [flafla\\_viu@hotmail.com](mailto:flafla_viu@hotmail.com)

**RESUMO** - Vem se estabelecendo um novo conceito de adubação nitrogenada para a cultura do milho. Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense*, o uso da ureia e 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 Chapadão do Sul-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* proporcionou menor população de plantas e por consequência maior número de grãos por fileiras, sem, no entanto, alterar a produtividade do milho; O uso da ureia revestida com Policote<sup>®</sup> mesmo não influenciando significativamente os componentes de produção, elevou a produtividade do milho em relação a ureia convencional; as doses de N em cobertura aumentaram o número de grãos por fileira nas espigas, incrementando linearmente a produtividade de grãos.

Palavras chave: fixação de nitrogênio, *Zea mays* L., adubação nitrogenada, aditivos, Policote<sup>®</sup>.

### **Introdução**

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, ultrapassado somente pela China e pelos Estados Unidos. Contudo dados recentes indicam que para a região do cerrado, os fertilizantes são os insumos que mais oneram sua produção (Leal e Kaneko, 2010), se destacando entre eles os fertilizantes nitrogenados, por ser o N, o elemento com maior exigência e com maior dificuldade de determinação em solo (Cantarella & Duarte, 2004).

Dentre as tecnologias que visam à diminuição das despesas com fertilizantes nitrogenados, destaca-se a fixação de nitrogênio por microrganismos. Em gramíneas, este assunto já vem sendo discutido há anos. No entanto, sua eficiência foi muito questionada e com isso novos micro-organismos foram desenvolvidos nos últimos anos, dentre esses se destaca o *Azospirillum brasilense* estirpes A<sub>b</sub>V<sub>5</sub> e A<sub>b</sub>V<sub>6</sub>, testadas e comercializadas em várias regiões do Brasil.

Outra inovação muito questionada quanto sua eficiência, se refere ao uso de ureias revestidas com produtos para diminuir as perdas, principalmente relacionadas com volatilização da amônia. Dentre esses, destaca-se os polímeros, que já são comercializados em muitos países, mas, devido ao elevado preço, são utilizados em nichos de mercado de culturas de alto valor agregado (Cantarella, 2007).

Assim, 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 inoculadas com *Azospirillum brasilense*.

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* estirpes A<sub>b</sub>V<sub>5</sub> e A<sub>b</sub>V<sub>6</sub>, 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 maior 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<sup>-1</sup>) sendo que para efeito de comparação entre fontes de N não foi considerado os valores obtidos com a dose 0. O produto utilizado para o revestimento é o Policote<sup>®</sup> da empresa Produquímica. As unidades experimentais foram constituídas por 7 linhas de 0,45 m com 11 m de comprimento, considerando como área útil as 5 linhas centrais para avaliações.

O trabalho foi conduzido em condição de “sequeiro”, na safra “verão” de 2011/12 em Chapadão do Sul-MS (810 m de altitude), na Estação de Pesquisa da Fundação Chapadão, em área manejada sob sistema plantio direto em sucessão à cultura do milho para produção de grãos. O híbrido de milho utilizado foi o 2 B 604 Herculex, 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 2x10<sup>8</sup> células viáveis g<sup>-1</sup> p.c para cada 25 kg de sementes. A adubação de cobertura foi realizada na fase V<sub>5</sub> 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 - (CaCl<sub>2</sub>): 5,1; Ca, Mg, K, H + Al = 38, 9, 1,7 e 23 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> respectivamente; P (resina) – 33,40 mg dm<sup>-3</sup>; Matéria orgânica

– 27,80 g dm<sup>-3</sup>; S - 6 mg dm<sup>-3</sup>. A adubação de semeadura constou-se de 400 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 08-24-12 + micronutrientes no sulco.

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 ( $p>0,05$ ) da interação tripla entre os fatores inoculação x fontes de N x doses de N para nenhuma das características avaliadas.

Os valores referentes à população final de plantas foram influenciados significativamente ( $p<0,05$ ) pela inoculação com *Azospirillum brasilense* (Tabela 1), havendo queda de 9,5% nas áreas inoculadas em relação aos locais sem a presença das bactérias fixadoras de N. É possível que o inoculante turfoso, em contato com as sementes, tenha dificultado a aderência das mesmas ao disco de distribuição à vácuo da semeadora, prejudicando o estabelecimento das plantas.

A massa seca das plantas não foi influenciada por nenhum dos fatores avaliados (Tabela 1). Possivelmente, tal ocorrência, é reflexo de um forte veranico, que afetou o milho neste ano agrícola entre as fases V<sub>5</sub> e V<sub>12</sub>.

Em relação ao teor de N nas folhas, verificou-se interação significativa entre inoculação com *Azospirillum brasilense* x doses de N em cobertura (Tabela 2) e também para fontes de N x doses de N em cobertura (Tabela 3) havendo de maneira geral valores abaixo do recomendado por Souza e Lobato (2004) para a região do cerrado, em decorrência dos problemas com veranicos enfrentados pela cultura.

Na Tabela 2, com exceção do tratamento sem N em cobertura, os maiores valores para o teor de N nas folhas foram observados na ausência de inoculação com *Azospirillum brasilense*. Além disso, o efeito das doses de N em cobertura para esta variável foi mais pronunciado nas parcelas sem inoculação, fato este, verificado em função do maior coeficiente angular da equação 1 (sem inoculação) em relação a equação 2 (com inoculação) (Tabela 2). Possivelmente tais efeitos são devido a maior competição intraespecífica entre as plantas de milho nas parcelas inoculadas associada ao estresse hídrico ocorrido.

Em relação ao efeito da interação significativa entre fontes de N x doses de N em cobertura para o teor de N foliar (Tabela 3), observa-se que as fontes não diferiram significativamente entre si ( $p>0,05$ ) apresentando para ambos, aumento linear em função do

incremento nas doses de N em cobertura. Porém com resposta mais evidente para a ureia revestida com Policote<sup>®</sup>, apresentando maior inclinação de reta da equação apresentada para esta fonte ( Tabela 3) em relação a ureia.

Não se observou efeito significativo ( $p>0,05$ ) dos tratamentos para o número de fileiras de grãos por espiga e para a massa de 100 grãos (Tabela 4). Contudo a inoculação com *Azospirillum brasilense* acarretou em incremento no número de grãos por fileira (Tabela 4), provavelmente em função da menor competição intraespecífica decorrente da menor população de plantas estabelecidas (Tabela 1) favorecendo o desenvolvimento das espigas de cada planta. Também houve aumento para esta variável em função das doses de N em cobertura ( $p<0,05$ ), a qual proporcionou aumentos lineares na ordem de 0,002 grãos por fileira para cada quilograma de N fornecido em cobertura.

A inoculação com *Azospirillum brasilense* não proporcionou aumento significativo de produtividade de grãos ( $p>0,05$ ) apesar da diferença ao redor de 240 kg ha<sup>-1</sup> de grãos (Tabela 5). Em contrapartida, o uso da ureia revestida por Policote<sup>®</sup> alavancou maior produtividade de grãos ( $p<0,07$ ) havendo diferença próxima de 300 kg ha<sup>-1</sup> de grãos em relação ao uso da ureia tradicional. Para as doses de N em cobertura, a resposta também foi significativa ( $p<0,05$ ) com elevação linear em 9 kg de grãos para cada 1 kg de N fornecido em cobertura.

### **Conclusões**

Conclui-se que para as condições do experimento, a inoculação com *Azospirillum brasilense* proporcionou menor população de plantas e por consequência maior número de grãos por fileiras, sem, no entanto, alterar a produtividade do milho. O uso da ureia revestida com Policote<sup>®</sup> mesmo não alterando significativamente os componentes de produção, elevou a produtividade de grãos. As doses de N em cobertura aumentaram o número de grãos por fileira nas espigas, incrementando linearmente a produtividade de grãos.

### **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.

LEAL, A.J.F., KANEKO, F.H. Estimativa do custo de produção na cultura do milho na região dos Chapadões. Pesquisa-Tecnologia-Produtividade, Chapadão do Sul, v.1, n.4, p.197-199, 2010.

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 Chapadão-MS, safra 2011/12.

Tratamentos	População final de plantas (plantas ha <sup>-1</sup> )	Massa seca por planta (g planta <sup>-1</sup> )	Teor de N foliar (g kg <sup>-1</sup> )
<b>Inoculação</b>			
Sem	69.722 a	62,92	24,73
Com	63.125 b	67,42	22,63
<b>Fontes<sup>1</sup></b>			
Ureia	65434	63,33	24,37
Ureia com Policote <sup>®</sup>	66652	66,65	24,76
<b>Doses de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>			
0	68.125	65,86	20,12
45	66.042	65,18	21,90
90	65.174	66,78	23,54
135	64.826	61,84	25,41
180	67.951	66,18	27,41
<b>CV Parcela (%)</b>	12,51	20,33	6,88
<b>CV Subparcela (%)</b>	5,59	12,37	5,04

<sup>1</sup> Não considerou-se a dose 0. 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 Chapadão do Sul, safra 2011/12.

Inoculação	Doses de N em cobertura (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	45	90	135	180
<b>Teor de N nas folhas (g kg<sup>-1</sup>)</b>					
Sem <sup>1</sup>	19,97	23,38 a	24,78 a	26,45 a	29,03 a
Com <sup>2</sup>	20,26	20,43 b	22,03 b	24,38 b	24,13 b
DMS	1,43				

<sup>1</sup>  $y = 20,4860 + 0,0471 x$  ( $R^2 = 0,98$ ); <sup>2</sup>  $y = 19,6293 + 0,033 x$  ( $R^2 = 0,95$ ). Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Tabela 3. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de N em cobertura, para o teor de N nas folhas na ocasião do florescimento para o milho “verão” cultivado em Chapadão do Sul, safra 2011/12.

Fontes <sup>1</sup>	Doses de N em cobertura (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	45	90	135	180
	<b>Teor de N nas folhas (g kg<sup>-1</sup>)</b>				
Ureia <sup>2</sup>		20,94	24,46	25,78	26,32
Ureia com Policote <sup>®3</sup>	20,12	22,87	22,62	25,05	28,51
DMS		2,61			

<sup>1</sup> Não considerou-se a dose 0. <sup>2</sup>  $y = 20,004 + 0,039 x$  ( $R^2 = 0,87$ ); <sup>3</sup>  $y = 19,929 + 0,043 x$  ( $R^2 = 0,84$ ). Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Tabela 4. Fileiras de grãos por espiga, grãos por fileira e massa de 100 grãos para o milho cultivado em Chapadão do Sul-MS, safra 2011/12.

Tratamentos	Fileiras de grãos por espiga (fileiras espiga <sup>-1</sup> )	Grãos por fileira (grãos fileira <sup>-1</sup> )	Massa de 100 grãos (g)
<b>Inoculação</b>			
Sem	16,83	27,81 b	18,88
Com	16,86	31,80 a	19,87
<b>Fontes<sup>1</sup></b>			
Ureia	16,90	30,60	19,11
Ureia com Policote <sup>®</sup>	16,93	30,17	19,60
<b>Doses de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>			
0	16,63	27,31 <sup>2</sup>	19,46
45	17,13	29,16	18,14
90	17,00	29,58	19,70
135	17,06	30,83	20,01
180	16,48	31,98	19,60
<b>CV Parcela (%)</b>	0,29	21,45	17,12
<b>CV Subparcela (%)</b>	0,34	9,91	12,14

<sup>1</sup> Não considerou-se a dose 0. <sup>2</sup>  $y = 27,5875 + 0,002 x$  ( $R^2 = 0,97$ ). Médias seguidas de letras diferentes, diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 5. Produtividade de grãos para o milho cultivado em Chapadão do Sul-MS, safra 2011/12.

<b>Tratamentos</b>	<b>Produtividade de grãos</b> (g)
<b>Inoculação</b>	
Sem	7.717
Com	7.965
<b>Fontes<sup>1</sup></b>	
Ureia	7.867 <sup>2</sup> b
Ureia com Policote <sup>®</sup>	8.163 a
<b>Doses de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	
0	7.142 <sup>3</sup>
45	7.041
90	8.076
135	8.449
180	8.494
<b>CV Parcela (%)</b>	16,59
<b>CV Subparcela (%)</b>	9,49

<sup>1</sup> Não considerou-se a dose 0. <sup>2</sup> Significativo a 7% de probabilidade pelo teste F. <sup>3</sup>  $y = 7018,05 + 9,1394 x$  ( $R^2 = 0,85$ ). Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.