

Redução de nitrogênio na cultura do milho e uso de *Azospirillum brasilense* em espaçamento reduzido

Kathia Szeuczuk⁽¹⁾; Marcelo Cruz Mendes⁽²⁾; Alan Stadler⁽³⁾; Marcos Ventura Faria⁽⁴⁾; João Vitor Gomes Pasquetto⁽⁵⁾; Cristhian Ribas Sékula⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Estudante – Pós-graduação; Universidade Estadual do Centro Oeste; Guarapuava - PR; kahh.szeuczuk@gmail.com; ⁽²⁾ Professor; Universidade Estadual do Centro Oeste; ⁽³⁾ Estudante – Pós-graduação Universidade Estadual do Centro Oeste; Guarapuava; ⁽⁴⁾ Professor; Universidade Estadual do Centro Oeste; ⁽⁵⁾ Pesquisador; Stoller do Brasil; ⁽⁶⁾ Engº Agrônomo; Grupo - MLCV.

RESUMO: A alta demanda por fertilizantes nitrogenados, em conjunto com seu alto custo, tem gerado necessidade de pesquisas para o processo de fixação natural. O objetivo deste trabalho foi avaliar modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* na formulação líquida e sua associação com a redução de nitrogênio em cobertura, na cultura do milho em espaçamento reduzido e o efeito no teor de nitrogênio foliar e grão e nas características agrônômicas, na safra agrícola 2015/16. O experimento foi instalado na Fazenda Três Capões, localizada no município de Guarapuava – PR, foi utilizado o híbrido DKB 240 PRO3. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com cinco repetições, sendo um híbrido de milho e seis tratamentos com diferentes doses de adubação nitrogenada com ou sem associação a *Azospirillum brasilense*, sendo T1: testemunha, T2: 55 kg ha⁻¹ de N, T3: 110 kg ha⁻¹ de N, T4: 55 kg ha⁻¹ + inoculação no TS, T5: 55 kg ha⁻¹ + inoculação no sulco e T6: 55 kg ha⁻¹ + inoculação em área total. Os parâmetros avaliados foram stand inicial, NF, NGF, MS, N foliar, N grão, P1000 e PROD. Não há incremento no teor de nitrogênio foliar e no grão quando utilizado o inoculante a base de *Azospirillum brasilense* na forma líquida. O tratamento com inoculante a base de *Azospirillum brasilense* nas dosagens de 100 e 200 mL ha⁻¹ em TS e sulco respectivamente, bem como os tratamentos sem o inoculante propiciam incremento de produtividade de grãos.

Termos de indexação: *Zea mays*, bactéria diazotrófica, fertilizantes nitrogenados.

INTRODUÇÃO

A cultura do milho é exigente em nutrientes sendo o nitrogênio (N) o nutriente de maior

importância, e sua deficiência pode ocasionar perdas no rendimento de grãos na ordem de 10 a 20%. A deficiência de N nas plantas causa o amarelecimento das folhas velhas, sendo seguido por clorose generalizada e perda das folhas (Subedi et al., 2009).

A alta demanda por fertilizantes nitrogenados, em conjunto com seu alto custo, tem gerado necessidade de pesquisas para o processo de fixação natural (Saikia & Jain, 2007). De maneira que o único processo biológico para aquisição de N disponível na natureza, é a fixação biológica de nitrogênio (FBN) feito por organismos específicos denominados diazotróficos (Araújo et al., 2014).

Nesse sentido, trabalhos com *Azospirillum* spp. têm mostrado favorecimento nos componentes de produção e a produtividade de grãos do milho (Kappes et al., 2013), incremento de massa seca de parte área e na produção de grãos no primeiro e segundo ano do experimento (Lana et al., 2012). E de acordo com Bashan et al. (2004), a inoculação com *Azospirillum* spp. reduz o uso de fertilizantes nitrogenados em 20-50%.

Com base no exposto o objetivo deste trabalho foi avaliar modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* na formulação líquida e sua associação com a redução de nitrogênio em cobertura, na cultura do milho em espaçamento reduzido e o efeito no teor de nitrogênio foliar e grão e nas características agrônômicas, na safra agrícola 2015/16.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado a safra agrícola 2015/16, na Fazenda Três Capões, localizada no município de Guarapuava - PR. O local possui altitude média de 948 m de altitude, a 25° 26' 57.79" de latitude Sul, e 51° 38' 29.18" de longitude oriental

Oeste. O experimento foi instalado no sistema de plantio direto (SPD), em área onde havia a cultura da aveia preta (*Avena strigosa*) no inverno como cobertura do solo.

A topografia da região é considerada plana, e o clima é classificado como Cfb (subtropical mesotérmico úmido), sem estação seca definida, com verões frescos e invernos com ocorrência de geadas severas e frequentes conforme classificação de Köppen, sendo a temperatura média anual de 16,8° C, a média máxima 36 °C e a mínima, 6,8 °C. A precipitação média anual é de 1500 mm e umidade relativa de 77,9%. O solo é classificado como Latossolo Bruno Distrófico Típico, textura muito argilosa (Embrapa, 2006).

Foi utilizado o híbrido DKB 240 PRO3 e a semeadura realizada dia 17/10/2015. Para adubação de base foi utilizado 250 Kg ha⁻¹ do adubo formulado NPK 08-28-16, o qual sete dias antes da semeadura foi depositado no solo.

A semeadura foi realizada com o auxílio de matracas, depositando a semente na linha anteriormente sulcada. Após as plantas atingirem o estágio fenológico V4 (4 folhas expandidas), realizou-se um desbaste deixando 3,4 plantas m⁻¹ linear e uma população de 75.000 plantas ha⁻¹.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com cinco repetições, sendo um híbrido de milho e seis tratamentos com diferentes doses de adubação nitrogenada com ou sem associação à bactéria diazotrófica do gênero *Azospirillum brasilense* utilizando o produto comercial Masterfix L Gramíneas® (2x10⁸ células viáveis mL⁻¹) e um tratamento testemunha, sem adubação e sem inoculação, totalizando 30 parcelas a campo. Foram realizadas aplicações de três maneiras diferentes da bactéria, via tratamento de sementes, aplicação em sulco com volume de 50 L ha⁻¹ e aplicação foliar com volume 150 L ha⁻¹ (estádio V4) conforme especificado na **tabela 1** abaixo.

Tabela 1. Tratamentos e forma de aplicação para o híbrido comercial DKB 240 PRO3. Guarapuava, 2016.

Trat.	Característica dos tratamentos
T1	Testemunha absoluta (sem N e sem inoculação)
T2	55 Kg ha ⁻¹ de N
T3	110 Kg ha ⁻¹ de N
T4	55 Kg ha ⁻¹ de N + inoculação no TS (1 dose ha ⁻¹)
T5	55 Kg ha ⁻¹ de N inoculação no sulco de plantio (2 dose ha ⁻¹)
T6	55 Kg ha ⁻¹ de N + inoculação em pulverização (2 dose ha ⁻¹)*

* 1 dose de Masterfix L Gramíneas = 100 mL ha⁻¹; TS: tratamento de sementes.

Os parâmetros avaliados foram stand inicial (20 dias após semeadura) (STAND), número de fileiras de grão espiga⁻¹ (10 espigas por parcela) (NF), número de grãos por fileira (NGF), massa seca de parte aérea (MS), teor de nitrogênio foliar (N foliar)

utilizando-se para a determinação da folha oposta abaixo da espiga de duas plantas por parcela, teor de nitrogênio no grão (N grão), peso de mil grãos (P1000) produtividade de grãos (PROD).

Todos os dados das características avaliadas foram submetidos a análises de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, sendo o programa utilizado o SISVAR (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No experimento observa-se que para os parâmetros de STAND, N foliar e N grão todos os tratamentos não diferiram estatisticamente do tratamento testemunha. Para número de fileiras (NF) não houve diferença significativa entre tratamento testemunha sem inoculação e os demais tratamentos com inoculação de *A. brasilense* e aplicação de N (**Tabela 2**) concordando com os resultados de Novakowski et al. (2011), em que a inoculação com *A. brasilense* não demonstrou diferença significativa com a testemunha.

Tabela 2. Médias das avaliações dos parâmetros estudados associados ao uso de diferentes doses de *Azospirillum brasilense*¹ em três diferentes modos de aplicação na cultura do milho. Guarapuava, 2016.

N	Azo	Modo Aplicação	STAND	NF	NGF	MS
0	0	-	33 a	14 a	35 b	12.669 b
50%	0	-	33 a	14 a	37 a	17.305 a
100%	0	-	33 a	14 a	38 a	17.210 a
50%	100	TS	34 a	14 a	37 a	19.149 a
50%	200	Sulco	32 a	16 a	36 b	16.453 a
50%	200	Área total	33 a	14 a	36 b	17.031 a
Média			33	14	37	16.636
C.V.%			5,74	2,64	3,07	15,73
N	Azo	Modo Aplicação	N foliar	N grão	P1000	PROD
0	0	-	16,82 a	17,77 a	297,09 a	9.171 c
50%	0	-	15,70 a	19,57 a	297,66 a	11.655 b
100%	0	-	14,94 a	18,95 a	304,02 a	13.884 a
50%	100	TS	17,42 a	20,11 a	291,25 a	12.807 a
50%	200	Sulco	17,50 a	21,79 a	301,42 a	12.418 a
50%	200	Área total	16,06 a	29,89 a	274,14 b	11.263 b
Média			16,41	19,85	294,26	11.866
C.V.%			34,77	15,06	3,26	8,92

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott, a 5% de significância.

* TS – tratamento de semente; SULCO – aplicação no sulco de plantio; Área total – aplicação foliar na área da parcela em V4.** Stand inicial - 20 dias após a semeadura (STAND); número de fileiras de grãos (NF); número de grãos por fileira (NGF); matéria seca por hectare (MS); teor de nitrogênio na folha (N foliar); teor de nitrogênio no grão (N grão); P1000 (peso de 1000 grãos em gramas); PROD (Produtividade de grãos em kg ha⁻¹ a 13% de umidade).

Levando em consideração o parâmetro de número de grãos por fileira (NGF), os tratamentos 2, 3 e 4 diferiram estatisticamente do tratamento testemunha sendo semelhante aos dados de Novakowski et al. (2011), que encontraram nas aplicações de N com 75 e 150 kg ha⁻¹ sem inoculação valores superiores estatisticamente a testemunha.

Considerando o atributo de matéria seca (MS), os tratamentos com e sem inoculação da bactéria diazotrófica não diferiram entre si, porém, foram superiores de maneira significativa quando comparados com o tratamento testemunha (**Tabela 2**) corroborando com os resultados encontrados por Portugal (2015), que não observou diferença estatística para MS nos tratamentos com e sem inoculação de *A. brasilense*.

Para a variável peso de mil grãos (P1000) o tratamento 6 com 50% de N e aplicação de *A. brasilense* em área total se mostrou inferior ao tratamento testemunha e os demais tratamentos com diferença estatística. Para a variável produtividade de grãos (PROD) o tratamento testemunha apresentou-se igual ao tratamento 6 estatisticamente, enquanto os demais tratamentos foram superiores significativamente ao tratamento testemunha (**Tabela 2**).

Segundo Libório et al. (2015), analisando doses de N e inoculação com *A. brasilense* encontraram resultados contrastantes para P100 em que a dose de 50% de N + inoculante em TS mostrou-se significativamente maior que o tratamento testemunha.

Para o parâmetro de PROD os tratamentos com 50 e 100% de N + inoculante em TS e 100% de N sem inoculante apresentaram-se superiores estatisticamente a testemunha concordando com os dados encontrados neste trabalho. Mendes et al. (2014), também encontraram aumento de produtividade quando se aplicou *A. brasilense* em com dose reduzida de N em milho.

CONCLUSÕES

Não há incremento no teor de nitrogênio foliar e no grão quando utilizado o inoculante a base de *Azospirillum brasilense* na forma líquida nas diferentes doses de nitrogênio.

O tratamento com inoculante a base de *Azospirillum brasilense* nas dosagens de 100 e 200 mL ha⁻¹ em TS e sulco respectivamente, bem como

os tratamentos sem o inoculante propiciam incremento de produtividade de grãos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e aos integrantes do grupo de pesquisa em plantio direto - NPD, que me auxiliaram na realização do trabalho, bem como a Fundação Araucária e CNPq pelo apoio financeiro e a Stoller do Brasil Ltda por ter fornecido as bactérias em estudo.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, E. O.; VITORINO, A. C. T.; MERCANTE, F. M.; NUNES, D. P.; SCALON, S. P. Q. Qualidade de sementes de milho em resposta à adubação nitrogenada e à inoculação com bactérias diazotróficas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 2, p. 159-165, 2014.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; BASHAN, L. E. *Azospirillum* - plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997–2003) *Can. J. Microbiol.*, v. 50, p. 521–577, 2004.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Brasília, 2006. 306p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez., 2011.
- KAPPES, Claudinei et al. Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 527-538, mar./abr. 2013.
- KÖPPEN, W. **Climatologia: com um estudo de los climas de La tierra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478p.
- LANA, M.C.; DARTORA, J.; MARINI, D.; HANN, J.E. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize, **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 3, p. 399-405, 2012.
- LIBÓRIO, P. H. S.; TORNELI, I. M. B.; NÓBILE, F. O.; GUERREIRO, R. D.; MIGUEL, F. B.; SILVA, J. A. A. Avaliação de híbridos de milho quanto a inoculação e adubação nitrogenada. **Ciência & Tecnologia: Jaboticabal**, v. 7, n. especial, 2015.
- MENDES et al. Estudo de dose e modo de aplicação de *Azospirillum Brasilense* com redução da adubação de cobertura na cultura do milho. In: XXX Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2014. **Anais...** Salvador: Embrapa, 2014.

NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI, I. E.; FALBO, M. K.; MORAES, A.; NOVAKOWISKI, J. H.; CHENG, N. C. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, suplemento 1, p. 1687-1698, 2011.

PORTUGAL, J. R. **Coberturas vegetais e doses de nitrogênio, associadas à inoculação com *Azospirillum brasilense*, no cultivo do milho na região de Cerrado**. 2015, 106f. (Dissertação em sistemas de produção) - Faculdade de Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, SP, 2015.

SAIKIA, S. P.; JAIN, V. Biological nitrogen fixation with non-legumes: an achievable Target or a dogma? **Current Science**. Bangalore. v. 92, n. 3, p. 317-322, 2007.

SUBEDI, K. D.; MA, B. L. Assessment of some major yield-limiting factors on maize production in a humid temperate environment. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 110, n. 1, p. 21-26, 2009.

