

Influência de *Azospirillum brasiliense* no crescimento de milho em manejo orgânico e convencional

Steliane Pereira Coelho⁽¹⁾; João Carlos Cardoso Galvão⁽²⁾; Jeferson Giehl⁽³⁾; Silvane de Almeida Campos⁽⁴⁾; Lamara Freitas Brito⁽⁵⁾; Tamara Rocha dos Santos⁽⁶⁾; Beatriz Ferreira Mendonça⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Doutoranda em Fitotecnia; Universidade Federal de Viçosa; Viçosa, Minas Gerais; steliane.coelho@ufv.br; ⁽²⁾ Professor Titular; Universidade Federal de Viçosa; ⁽³⁾ Mestrando em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa; ⁽⁴⁾ Doutoranda em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa; ⁽⁵⁾ Mestranda em Agroecologia, Universidade Federal de Viçosa; ⁽⁶⁾ Mestranda em Agroecologia, Universidade Federal de Viçosa; ⁽⁷⁾ Mestranda em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa

RESUMO: O *Azospirillum brasiliense* é uma bactéria fixadora de nitrogênio, sendo uma alternativa para o suprimento de parte do nitrogênio necessário à cultura do milho. O objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento da cultura do milho em diferentes manejos, sob inoculação de *A. brasiliense*. O experimento foi instalado no delineamento esquema fatorial 6 x 2, sendo seis tipos de manejo na presença ou ausência da inoculação com *A. brasiliense*. O delineamento foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tipos de manejos foram: Plantio direto convencional (PDC1) sem adubação; PDC2 com adubação mineral na dose de 150Kg ha⁻¹ formulado 8-28-16 + 50 kg de ureia em cobertura; PDC3 com adubação mineral na dose de 300Kg ha⁻¹ formulado 8-28-16 + 100 kg de ureia em cobertura; plantio direto orgânico (PDO1) com 40 m³ de composto orgânico; PDO2 com 20m³ composto orgânico e PDO3 adubação com 40 m³ de composto + consórcio com feijão-de-porco. Foi avaliado o arranque inicial do milho: altura de planta, diâmetro de caule, massa seca da parte aérea. Em dois estádios fenológicos ao longo do ciclo da cultura, V4 e V12. O tratamento PDO3 obteve a maior média para altura de plantas e para diâmetro de colmo em V12. Houve efeito do *A. brasiliense* na altura de plantas no tratamento sem adubação (PDC1), proporcionando plantas mais altas. O efeito marcante da inoculação ocorreu no tratamento com baixa fertilidade. O manejo orgânico favorece o crescimento das plantas de milho.

Termos de indexação: Agricultura orgânica, bactéria diazotrófica, *Zea mays*

INTRODUÇÃO

A cultura do milho é bastante exigente em diversos nutrientes, variando de acordo com o estágio fenológico, sendo o nitrogênio um dos nutrientes mais demandado. E na produção de milho orgânico, é utilizado diversos manejos para o fornecimento adequado de nutrientes as plantas, bem como, para a manutenção da fertilidade do solo a longo prazo.

Na agricultura orgânica a nutrição das plantas é feita, principalmente, através de resíduos vegetais e animais como os compostos orgânicos, adubação verde, vermicomposto, biofertilizantes, dentre outros. A qualidade destes materiais varia de acordo com sua origem, podendo ser insuficientes para suprir as necessidades nutricionais das culturas.

Entretanto, a produção orgânica tem como um dos principais entraves, a pouca disponibilidade de fontes eficazes de nitrogênio, de baixo custo, e admitidas pelas normas técnicas vigentes. Uma das alternativas ao aporte de nitrogênio é o uso de bactérias diazotróficas, dentre elas pode-se destacar o *Azospirillum brasiliense*.

O *A. brasiliense* é classificado como bactéria promotora de crescimento de plantas. Esta bactéria fixa o nitrogênio atmosférico (ZHANG et al., 1997) em associação com diversas espécies de gramíneas, como por exemplo, o milho.

O objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento da cultura do milho em diferentes manejos, sob inoculação de *A. brasiliense*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na estação experimental de Coimbra-MG, pertencente à Universidade Federal de Viçosa, situada no

município de Coimbra, na Zona da Mata de Minas Gerais.

Esse experimento é realizado na mesma área desde 1984. Inicialmente, o experimento foi montado para testar o efeito da dose de 40 m³ de composto orgânico na adubação de milho a longo prazo. Os tratamentos instalados sempre comparavam o efeito da adubação orgânica com a adubação mineral na cultura o milho. Os tratamentos, orgânico e convencional, sempre foram fixos no experimento, nas mesmas parcelas.

A partir de 2003, o experimento é conduzido em sistema de plantio direto, utilizando aveia-preta como plantas de cobertura. Portanto, a área experimental possui 32 anos de cultivo, sob manejo orgânico e convencional.

A dimensão da parcela experimental foi de 8 x 8 m (64 m²) e 19,2 m² centrais de área útil, sendo avaliadas as quatro linhas centrais de milho. A parcela experimental foi formada por 10 linhas de milho com oito metros de comprimento, espaçadas entre si por 0,80 m.

A área experimental foi previamente preparada para o plantio direto do milho, com cobertura de aveia-preta. A aveia-preta foi semeada a lanço na densidade de 80 kg ha⁻¹. As sementes foram incorporadas ao solo com uma grade leve, na profundidade aproximada de 2 a 3 cm, sem adubação. No florescimento a aveia-preta foi manejada com roçadeira costal. A palhada ficou exposta ao sol para dessecação natural.

O plantio do milho foi manual, utilizando matracas, em todas as parcelas. A variedade de milho utilizada foi a AL Bandeirante, com população de 50.000 plantas ha⁻¹, após desbaste. A semeadura do feijão de porco foi realizada na densidade de 6 plantas por metro linear, simultaneamente ao plantio do milho, na mesma linha de plantio, utilizando matracas.

Para a inoculação das sementes, foi utilizado o inoculante comercial, AZOTOTAL®, que contém a bactéria *A. brasilense*, estirpes Abv5 e Abv6, em concentração mínima de 2x10⁸ células viáveis mL⁻¹, segundo informações do fabricante.

A inoculação com o produto comercial AZOTOTAL® foi realizada em tambor e a mistura cuidadosamente realizada para garantir que a distribuição do inoculante líquido nas sementes fosse uniforme. A dose utilizada foi de 100 ml ha⁻¹ do inoculante.

Tratamentos e amostragens

O experimento foi instalado no delineamento esquema fatorial 6 x 2, sendo seis tipos de manejo na presença ou ausência da inoculação de *A. brasilense*. O delineamento foi o de blocos

casualizados, com quatro repetições, totalizando 48 parcelas.

Os tipos de manejos foram: Plantio direto convencional (PDC1) sem adubação; PDC2 com adubação mineral na dose de 150Kg ha⁻¹ formulado 8-28-16 + 50 kg de ureia em cobertura; PDC3 com adubação mineral na dose de 300Kg ha⁻¹ formulado 8-28-16 + 100 kg de ureia em cobertura; plantio direto orgânico (PDO1) com 40 m³ de composto orgânico; PDO2 com 20m³ composto orgânico e PDO3 adubação com 40 m³ de composto + consórcio com feijão-de-porco.

Foi avaliado o arranque inicial do milho: altura de planta (cm), diâmetro de caule (mm), massa seca (g) da parte aérea, Em dois estádios fenológicos ao longo do ciclo da cultura, sendo eles quatro folhas completamente expandidas (V4) e doze folhas completamente expandidas (V12).

Delineamento e análise estatística

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados. Os dados foram analisados por meio de análise de variância, e as médias comparadas utilizando o teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Foi utilizado para as análises o programa estatístico SAEG (Saeg, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as características avaliadas, houve efeito do manejo para altura de planta em V4 e V12 e para massa seca em V12. Não houve efeito isolado da inoculação para nenhuma das características avaliadas. Porém, a interação entre manejos e inoculação foi significativa, para altura de plantas no estádio de desenvolvimento V4 (Tabela 1).

Os resultados encontrados corroboram com Cunha et al. (2014), que estudando doses de nitrogênio e inoculação com *A. brasilense* em milho, também não encontraram efeito da inoculação sobre o diâmetro de colmo e a altura de plantas. Porém, as maiores plantas foram encontradas nos tratamentos em que foi realizada a inoculação, nas doses de nitrogênio 0, 25, 50 e 75%, demonstrando assim a capacidade de estimular o crescimento dessas bactérias.

Tabela 1- Análise de variância dos dados de diâmetro de colmo em V4 (DiamV4), e V12 (DiamV12), altura de plantas em V4 (AltV4), altura de plantas em V12 (AltV12), massa seca em V4 (MSV4) e massa seca em V12 (MSV12). Coimbra-MG. 2016.

| F.V. | GL | Quadrados Médios | | | | | |
|----------------|----|---------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| | | DiamV4 | DiamV12 | AltV4 | AltV12 | MSV4 | MSV12 |
| BL | 3 | 1,688 | 1198,951 | 14,419 | 646,895 | 11,302 | 865,479 |
| Manejo (M) | 5 | 12,651** | 10,434 ^{ns} | 66,358** | 3776,580* | 28,854 ^{ns} | 1501,981* |
| Inoculação (I) | 1 | 0,573 ^{ns} | 1,663 ^{ns} | 7,713 ^{ns} | 5,445 ^{ns} | 16,868 ^{ns} | 677,502 ^{ns} |
| Mxl | 5 | 6,529 ^{ns} | 3,681 ^{ns} | 25,043* | 608,291 ^{ns} | 15,188 ^{ns} | 438,898 ^{ns} |
| Resíduo | 33 | 4,477 | 21,967 | 8,292 | 505,583 | 14,770 | 390,458 |
| CV (%) | - | 22,66 | 20,33 | 14,77 | 35,05 | 69,72 | 46,62 |

** - F significativo a 1%; * - F significativo a 5%; ns: não significativo

Houve efeito dos manejos sobre as características avaliadas. O manejo orgânico favoreceu o crescimento das plantas de milho em relação aos manejos convencionais. Sendo o tratamento PDO3, onde foi consorciado milho com feijão-de-porco, obteve a maior média para altura de plantas e para diâmetro de colmo em V12 (Tabela 2).

Tabela 2- Valores médios dos dados de diâmetro de caule em V4 (DiamV4), e V12 (DiamV12), altura de plantas em V4 (AltV4), altura de plantas em V12 (AltV12), massa seca em V4 (MSV4) e massa seca em V12 (MSV12). Coimbra-MG. 2016.

| Manejos ¹ | DiamV4 | DiamV12 | AltV12 | MSV4 | MSV12 |
|----------------------|--------|---------|------------|--------|---------|
| PDC1 | 8,38A | 21,89A | 37,88C | 3,55A | 24,35B |
| PDC 2 | 8,67A | 23,51A | 49,00BC | 4,32A | 34,81AB |
| PDC 3 | 8,18A | 22,41A | 52,87BC | 3,80A | 33,68AB |
| PDO 1 | 11,22A | 24,29A | 69,00AB | 8,77A | 59,02A |
| | | | C | | |
| PDO 2 | 8,99A | 21,89A | 96,65A | 4,74A | 46,31AB |
| PDO 3 | 10,58A | 24,34A | 79,44AB | 6,82A | 56,06A |
| | | | Inoculação | | |
| Não-inoculado | 9,24 A | 22,99 A | 61,96 A | 5,35 A | 40,11 A |
| Inoculado | 9,59 A | 23,09 A | 67,48 A | 5,81 A | 44,88 A |

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5%.

¹ PDC1 = sem adubação; PDC2 = 150 kg ha⁻¹ NPK + 50 kg ha⁻¹ de ureia; PDC3 = 300 kg ha⁻¹ NPK + 100 kg ha⁻¹ de ureia; PDO1 = 20 m³/ha composto orgânico; PDO2 = composto orgânico 40 m³/ha; PDO3 = composto orgânico 40 m³/ha + feijão-de-porco.

O manejo orgânico, quando realizado ao longo do tempo mantém a fertilidade do solo, proporcionando o desenvolvimento adequado das culturas. Através do grande aporte de matéria orgânica no solo, que é feito, dentre outras coisas, através da consorciação de culturas com leguminosas (ex.: milho e feijão-de-porco) e pela adubação orgânica, como por exemplo o composto orgânico.

A adubação orgânica do milho com composto na dose de 40 m³, é capaz de promover a fertilidade do solo e proporcionar desenvolvimento satisfatório na cultura do milho (Fontanetti, 2008).

O tratamento PDC1, que recebeu adubação zero, obteve as menores médias para todas as características avaliadas (Tabela 2). Demonstrando incapacidade de sustentar o desenvolvimento adequado das plantas.

O desdobramento da interação, mostra que houve efeito do *A. brasiliense* na altura de plantas

no tratamento sem adubação (PDC1), proporcionando plantas mais altas em relação ao não-inoculado (Tabela 3). Este tratamento não recebe adubação por 32 anos, portanto possui baixa fertilidade do solo (dados não apresentados).

Tabela 3- Desdobramento da interação entre manejo e inoculação em relação à altura de plantas no estágio fenológico V4 (AltV4), Coimbra-MG, 2016.

| Manejos | AltV4 | |
|---------|---------------|------------|
| | Não-inoculado | Inoculado |
| PDC1 | 12,91c B | 20,41a A |
| PDC 2 | 16,35bc A | 17,17a A |
| PDC 3 | 19,71abc A | 16,86a A |
| PDO 1 | 22,37abc A | 22,52a A |
| PDO 2 | 19,20abc A | 19,49a A |
| PDO 3 | 24,02abA | 22,91a A |
| | | Inoculação |
| - | 19,18 A | 20,09 A |

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais nas linhas e minúsculas na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5%.

A resposta da inoculação neste tratamento se deve, provavelmente, ao baixo teor de nitrogênio no solo que favoreceu a atividade do *A. brasiliense*. As respostas a inoculação são obtidas, em alguns trabalhos, com as menores doses de nitrogênio.

Lana et al (2012), concluíram que a inoculação com *A. brasiliense*, na ausência de adubação nitrogenada, proporcionou incrementos na produtividade de 15,4 e 7,4%. Sendo semelhantes àquela obtida com 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura, sem inoculação.

Este resultado indica que efeitos marcantes dessa bactéria deve ocorrer, principalmente, em solos com baixa fertilidade e/ou com menores aporte de nitrogênio no momento da adubação.

CONCLUSÕES

O efeito da inoculação com *A. brasiliense* ocorreu principalmente em condições de baixo aporte de nutrientes.

O manejo orgânico favorece o crescimento das plantas de milho.

REFERÊNCIAS

CUNHA, F. N. SILVA, N. F.; BASTOS, F. J. C.; CARVALHO, J. J.; MOURA, L. M. F.; TEIXEIRA, M. B. ROCHA, A. C.; SOUCHIE, E. L. Efeito da *Azospirillum brasiliense* na produtividade de milho no sudoeste goiano. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.13, n.3, p. 261-272, 2014.

FONTANETTI, A. *Adubação e dinâmica de plantas daninhas em sistema de plantio direto orgânico de*



milho. 2008. 84f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

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, mai/jun, 2012.

SAEG Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

ZHANG, Y; BURRIS, R. H.; LUDDEN, P. W.; ROBERTS, G. P. Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum* brasilense. **FEMS Microbiology Letters**, v. 152, p. 195–204, July 1997.