



INFLUÊNCIA DE *Azospirillum brasilense* NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO, PRODUÇÃO DE FORRAGEM E ACÚMULO DE MASSA SECA DA AVEIA PRETA

Francisco José Domingues Neto¹, Francisco Kido Yoshimi¹, Raquel Doratiotto Garcia¹, Marcio Christian Serpa Domingues¹

1. Departamento de Produção Vegetal, Universidade de Marília (Unimar), Marília/SP, Brasil (fjdominguesneto@hotmail.com)

Recebido em: 12/04/2014 – Aprovado em: 27/05/2014 – Publicado em: 01/07/2014

RESUMO

A aveia preta é utilizada como cobertura de solos e adubação verde, pois fornece grande quantidade de biomassa vegetal e apresenta elevada capacidade de extração e acúmulo de nitrogênio, podendo alcançar, em condições favoráveis, até 150 kg ha⁻¹ ano⁻¹. As bactérias do gênero *Azospirillum* colonizam o sistema radicular e o colmo das gramíneas, induzem a síntese de reguladores vegetais nas plantas, proporcionando o crescimento das raízes e também a fixação biológica de nitrogênio (FBN). O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento vegetativo, produção de forragem e acúmulo de massa seca da aveia preta. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com 8 tratamentos e 6 repetições, os tratamentos consistiram nas dosagens de 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 mL 100 g sementes⁻¹. Os resultados demonstraram que a inoculação de sementes de aveia preta com *Azospirillum brasilense* foi eficiente em elevar o desenvolvimento das plantas, obtendo os melhores resultados com o uso de 6 e 7 mL 100 g sementes⁻¹, para as características de massa seca e fresca, respectivamente. A altura de plantas, o número de folhas e perfilhos também foram incrementados com o uso desta bactéria, demonstrando assim, a eficiência de seu uso na agricultura.

PALAVRAS-CHAVE: *Avena strigosa*, adubação verde, fixação biológica de nitrogênio

INFLUENCY OF *Azospirillum brasilense* IN THE VEGETATIVE DEVELOPMENT, FODDER PRODUCTION AND ACCUMULATION OF BLACK OATMEAL DRY MASS

ABSTRACT

The black oatmeal is used as coverage for soils and green manure because it provides great quantity of vegetal biomass and it presents high capacity to extract and accumulate nitrogen, reaching up to 150 kg ha⁻¹ year⁻¹ in favorable conditions. *Azospirillum* bacteria colonize the root system and the thatch of gramineous plant, inducing the synthesis of vegetal regulators in plants; the growth of roots and also the biological nitrogen fixation (BNF). This paper aims at evaluating the efficiency of *Azospirillum brasilense* in vegetative development, fodder production and accumulation of black oatmeal dry mass. The outlining used in this experiment was

randomized blocks with 8 treatments and 6 repetitions, the treatments consisted of doses of 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 and 7 mL 100 g seeds⁻¹. The results demonstrated that inoculation of oats seeds with *Azospirillum brasilense* was effective in increasing plant growth, getting the best results with the use of 6 and 7 mL 100 g seeds⁻¹ to the characteristics of fresh and dry mass, respectively. Plant height, number of leaves and tillers were also enhanced with the use of this bacterium, thus demonstrating the efficiency of its use in agriculture.

KEYWORDS: *Avena strigosa*, green manure, biological nitrogen fixation.

INTRODUÇÃO

A aveia preta destaca-se entre as diversas culturas utilizadas pelos agricultores como cobertura de solo (PÖTKER & ROMAN, 1994). Como vantagem apresenta adição e manutenção de altas quantidades de palhada ao solo; redução da erosão e do escoamento superficial; aumento da infiltração de água e do conteúdo de carbono orgânico; ciclagem de nutrientes; mobilização de cátions no perfil e controle de íons, além do baixo custo de implantação em relação a outras culturas e benefícios comerciais cultivadas em sucessão (DEBARBA & AMADO, 1997; BAYER & MIELNICZUK, 1997; FRANCHINI et al., 1999; AMADO et al., 2000).

Entretanto, na maioria das vezes, a produção de matéria seca desta gramínea é comprometida pela baixa disponibilidade de nitrogênio (N) do solo. Neste caso, a adubação nitrogenada é uma das práticas recomendáveis para aumentar o aporte de resíduos ao solo e, portanto, aumentar a eficiência da aveia como cultura de cobertura (SANTI et al., 2003), pois a disponibilidade de N estimula o crescimento e a atividade radicular, com reflexos positivos na ciclagem de outros nutrientes (OSLON & KURTZ, 1982) e na quantidade de matéria seca produzida por esta cultura.

Devido à crescente busca por sustentabilidade nos sistemas agrícolas de produção, alguns autores têm apresentado a aveia, como forma alternativa para a economia de fertilizante nitrogenado, através da fixação biológica de nitrogênio (FBN), a qual pode suplementar ou, até mesmo substituir a utilização deste fertilizante (REIS JÚNIOR et al., 1998; BERGAMASCHI, 2006).

A fixação biológica do nitrogênio atmosférico é realizada por um grupo restrito de bactérias, denominadas diazotróficas. Dentre estas, destaca-se o gênero *Azospirillum*, principalmente a espécie *brasilense*, tem sido usada como inoculante em diversas culturas, como os cereais, algodão, cana-de-açúcar, café, braquiárias e outras (REIS, 2007). O efeito destas bactérias está, principalmente, na promoção do crescimento radicular das plantas, pela produção de substâncias promotoras de crescimento, como auxinas, giberelinas e citocininas (OKON & LABANDERA-GONZALEZ, 1994).

O trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do inoculante líquido composto das estirpes Abv5 e Abv6 da bactéria *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento vegetativo, produção de forragem e acúmulo de massa seca da aveia preta.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em vasos com área de 0,08552 m², de fevereiro a maio de 2013, na Fazenda Experimental Marcelo Mesquita Serva, pertencente à Universidade de Marília, localizada a uma latitude de 22° 12' S, longitude 49° 56' O e altitude média de 675 m. A temperatura média anual é de 22,5°C, com máximas de

31°C e mínimas de 14°C, a precipitação média anual é de 1429 mm.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com 8 tratamentos e 6 repetições, totalizando 48 vasos, sendo os tratamentos constituídos do uso de *Azospirillum brasilense* na inoculação de sementes. T1: Testemunha (sem inoculação); T2: 1 mL 100 g sementes⁻¹; T3: 2 mL 100 g sementes⁻¹; T4: 3 mL 100 g sementes⁻¹; T5: 4 mL 100 g sementes⁻¹; T6: 5 mL 100 g sementes⁻¹; T7: 6 mL 100 g sementes⁻¹ e T8: 7 mL 100 g sementes⁻¹.

Os vasos foram preenchidos com terra de barranco e adubados com superfosfato simples (5 g vaso⁻¹; 585 kg ha⁻¹) e cloreto de potássio (1 g vaso⁻¹; 117 kg ha⁻¹). No momento da semeadura, as sementes de aveia preta foram inoculadas com *Azospirillum brasilense* utilizando o produto líquido Masterfix Gramíneas, composto das estirpes Abv5 e Abv6. Foram semeadas 10 sementes vaso⁻¹, sendo que após o estabelecimento das plantas, foi feito um desbaste deixando cinco plantas por vaso, as quais foram submetidas às avaliações. Aos 28, 42 e 56 dias da semeadura foi realizada adubação de cobertura com sulfato de amônio (6 g vaso⁻¹; 702 kg ha⁻¹).

Aos 84 dias após a semeadura, as plantas foram cortadas e avaliadas características do desenvolvimento vegetativo, como: altura de plantas (com o auxílio de fita métrica, foi medido da base do solo até o ápice da maior folha); foi contado o número de folhas e o número de perfilhos; para a avaliação de biomassa, as raízes foram separadas da parte aérea, ambas as partes das plantas foram lavadas e pesadas separadamente em balança analítica, após, foram armazenadas em estufa de circulação de ar a uma temperatura de 65°C, até atingirem massa constante e posteriormente pesada para a determinação da massa seca.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 1. O uso de *Azospirillum brasilense* proporcionou efeitos significativos na aveia preta em todos os parâmetros avaliados. Todos os tratamentos diferiram da testemunha em todos os parâmetros avaliados, exceto na massa seca do sistema radicular (MSSR).

Houve incremento na altura de plantas de aveia nos tratamentos que envolveram a inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* em relação ao tratamento testemunha (T1), os tratamentos 4 e 8 não diferiram estatisticamente, sendo superiores aos demais tratamentos. RAMOS et al., (2010) constataram maior altura de plantas de milho nos tratamentos que envolveram a inoculação das sementes com *Azospirillum sp* em relação ao tratamento testemunha e aplicação de 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura. Já CAVALLET et al., (2000) verificaram que a inoculação das sementes de milho com *Azospirillum sp* não influenciou nesta característica morfológica. DOMINGUES NETO et al., (2013), avaliando o uso de *Azospirillum sp* na aplicação foliar no milho verde verificaram que a altura de plantas não foi influenciada durante o desenvolvimento da cultura.

O número de folhas não foi significativo entre os tratamentos 5 e 8, estes foram superiores a todos os outros, destacando o tratamento 5 que apresentou uma média de 244,66 folhas 5 plantas⁻¹ (48,93 folhas planta⁻¹). DOMINGUES NETO et al., (2013) não observaram aumentos significativos no número médio de folhas de milho verde com o uso de *Azospirillum sp* na aplicação via foliar.

Em relação ao número de perfilhos, todos os tratamentos que receberam

Azospirillum brasilense foram superiores à testemunha (T1), porém não diferiram entre si, culminando os resultados para o tratamento 8 que apresentou média de 16,56 perfilhos planta⁻¹. A importância da utilização destas bactérias associadas ao grupo das gramíneas favorece a maior utilização da água pelos vegetais, elevando sua eficiência fotossintética (DALLA SANTA et al., 2004).

As bactérias do gênero *Azospirillum* aumentam a massa de raízes, alteram seu funcionamento e proporcionam mudanças na morfologia destas e dos pêlos radiculares. As bactérias também promovem o crescimento da planta por induções morfológicas e fisiológicas (DALLA SANTA et al., 2004).

TABELA 1. Valores médios de altura, número de folhas, número de perfilhos, massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca do sistema radicular (MFSR) e massa seca da parte aérea (MSPA) e do sistema radicular (MSSR) de cinco plantas de aveia preta, submetidas à inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*. Marília - SP, 2013.

Trat.	Altura (cm)	Nº folhas	Nº perfilhos	MFPA (g)	MFSR (g)	MSPA (g)	MSSR (g)
1	41,00 d	56,50 c	18,66 b	56,81 c	20,08 d	9,17 c	4,77 b
2	64,66 c	181,16 b	63,83 a	265,74 b	59,14 b	41,47 b	13,14 a
3	61,00 c	162,66 b	57,50 a	219,31 b	65,88 b	33,90 b	12,42 a
4	79,16 a	189,00 b	70,33 a	279,14 b	48,49 c	36,67 b	8,68 b
5	70,50 b	244,66 a	75,83 a	292,94 b	49,18 c	34,70 b	12,13 a
6	69,66 b	188,00 b	68,66 a	289,30 b	53,73 c	44,19 b	9,42 b
7	72,00 b	185,33 b	72,33 a	420,54 a	72,11 b	64,44 a	17,98 a
8	75,33 a	212,16 a	82,83 a	434,32 a	88,47 a	61,33 a	16,25 a
CV (%)	6,56	18,43	21,65	20,56	29,86	23,64	48,41

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Os maiores valores de massa fresca da parte aérea e raízes foram obtidos com a dose de 7 mL 100 g sementes⁻¹ (T8), este tratamento destacou-se em todos os parâmetros avaliados, na massa fresca do sistema radicular (MFSR) diferiu de todos os demais tratamentos, com média de 88,47 gramas 5 plantas⁻¹, seguido dos tratamentos 7, 3 e 2, com 72,11; 65,88 e 59,14 gramas 5 plantas⁻¹.

Os tratamentos 4, 5 e 6 não diferiram entre si, diferindo apenas do T1 (testemunha). Esses resultados discordam dos obtidos por CAMPOS et al., (1999), que inocularam sementes de aveia com *A. brasilense*, na dosagem de 200g 50kg de sementes⁻¹, mostrando que o produto Graminante não aumentou a produção de fitomassa, pois não houve diferença estatística na comparação dos tratamentos que receberam doses equivalentes de nitrogênio mineral com e sem o produto.

DOMINGUES NETO et al., (2013), observaram que o uso de *A. brasilense* em aplicação foliar no milho verde promoveu aumento de 18% na massa fresca da parte aérea e de 33% na massa fresca das raízes comparado à testemunha (sem aplicação). Estes mesmos autores concluíram que o uso de *A. brasilense* via aplicação foliar na cultura do milho verde na safrinha não foi eficiente em elevar a produtividade, aumentando, além das massas frescas, a produção de massa seca das plantas inoculadas.

O tratamento 7, apesar de menos produtivo que o 8 na MFPA e MFSR, produziu 4,83% e 9,63% a mais de massa seca da parte aérea (MSPA) e do sistema

radicular (MSSR), respectivamente, que o tratamento 8. Os demais tratamentos com exceção o T1 não diferiram na MFPA e MSPA. Este incremento no acúmulo de massa seca da planta em resposta à inoculação pode ser associado à produção de fitormônios pelas bactérias como auxinas, giberelinas e citocininas, que estimulam a formação de pêlos radiculares e raízes secundárias, resultando em maior superfície de absorção de água e nutrientes (RADWAN et al., 2004).

Para o acúmulo da massa seca, tanto da parte aérea como das raízes, os melhores resultados foram obtidos com a dose de 6 mL 100 g sementes⁻¹ (T7). Na MSPA todos os tratamentos que receberam *A. brasilense* apresentaram desenvolvimento superior à testemunha (T1). Em relação à MSSR os tratamentos 4 e 6 não diferiram da testemunha (T1), já os demais tratamentos apresentaram-se com bons resultados, destacando os tratamentos 7 e 8, com 17,98 e 16,25 g 5 plantas⁻¹, resultados estes que mostram a eficiência desta bactéria em proporcionar aos vegetais grande acúmulo de massa seca, especialmente gramíneas.

Isto corrobora com o exposto por DALLA SANTA et al., (2004), na qual os autores citam que plantas inoculadas com *Azospirillum sp* têm um desempenho superior em relação às plantas não tratadas, como maior massa seca, maior acúmulo de nitrogênio na planta, maior produtividade de grãos, massa de grãos, maior porcentagem de germinação de grãos e alteração dos diferentes estádios da cultura, obtidos em função da maior absorção de água e nutrientes (maior desenvolvimento das raízes e maior área do solo explorada), mas principalmente pela produção de hormônios endógenos de desenvolvimento.

Segundo DIDONET et al., (1996), concluíram que os inoculantes à base de turfa em pó das estirpes de *A. brasilense* 245 e JA04 promoveram maior acúmulo de massa seca total da planta de trigo, no período compreendido entre 20 dias após a antese e a maturação. Todavia, apenas a inoculação com a estirpe JA04 resultou em aumento na produção de grãos em relação à testemunha sem nitrogênio.

TIEN et al., (1979), verificaram que os componentes responsáveis pelo estímulo do crescimento de raízes liberados por *A. brasilense* eram o ácido indolacético (AIA), giberelinas e citocininas. O maior desenvolvimento das raízes pela inoculação com *Azospirillum sp* pode implicar em vários outros efeitos. Já foram relatados incrementos na absorção da água e minerais, maior tolerância a estresses como salinidade e seca, resultando em uma planta mais vigorosa e produtiva (BASHAN & HOLGUIN, 1997; DOBBELAERE et al., 2001; BASHAN et al., 2004). Provavelmente pelo maior crescimento radicular e melhor nutrição das plantas, também há vários relatos de maior tolerância a agentes patogênicos de plantas (CORREA et al., 2008).

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com a utilização do inoculante composto da bactéria *Azospirillum brasilense* permitem concluir que esta é capaz de promover significativas alterações no crescimento e desenvolvimento de plantas de aveia preta, elevando o acúmulo de massa seca e produção de forragem, com as doses de 6 e 7 mL 100 g sementes⁻¹, respectivamente, sendo um indicativo de que seu uso reduz as aplicações de adubos nitrogenados.

REFERÊNCIAS

- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S. B. V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.179-189, 2000.
- ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; p2017 2014

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. *Azospirillum* – plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). **Canadian Journal of Microbiology**, v.43, p.103-121, 1997.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L. E. *Azospirillum*-plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, v.50, p.521-577, 2004.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.105-112, 1997.

BERGAMASCHI, C. **Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas às raízes e colmos de cultivares de sorgo**. 2006. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CAMPOS, B. H. C.; THEISEN, S.; GNATTA, V. Inoculante “Graminante” nas culturas de trigo e aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.23, n.3, p.401-407, 1999.

CAVALLET, L. E.; PESSOA, A. C. S.; HELMICH, J. J.; HELMICH, P. R.; OST, C. F. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p.129-132, 2000.

CORREA, O. S.; ROMERO, A. M.; SORIA, M. A.; DE ESTRADA, M. *Azospirillum brasilense*-plant genotype interactions modify tomato response to bacterial diseases, and root and foliar microbial communities. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) *Azospirillum* spp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, p.87-95, 2008.

DALLA SANTA, O. R.; FERNÁNDEZ, R.; MICHELENA, G.; RONZELLI Jr., P.; SOCCOL, C. R. *Azospirillum* sp. Inoculation in wheat, barley and oats seeds in greenhouse experiments. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, p. 843-849, 2004.

DEBARBA, L.; AMADO, T. J. C. Desenvolvimento de sistemas de produção de milho no Sul do Brasil com características de sustentabilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.473-480, 1997.

DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O.; KENNER, M. H. Acúmulo de nitrogênio e de massa seca em plantas de trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.16, n.9, p.645-651, 1996.

DOBBELAERE, S. C. A.; THYS, A.; PTACEK, D.; VANDERLEYDEN, J. D. P.; LABANDERA-GONZALEZ, C.; CABALLE ROMELLADO, J.; AGUIRRE, J. F.; KAPULNIK, Y.; BRENER, S.; BURDMAN, S.; KADOURI, D.; SARIG, S.; OKON, Y. Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*.

Australian Journal of Plant Physiology, v.28, n.9, p.871- 879, 2001.

DOMINGUES NETO, F. J.; YOSHIMI, F. K.; GARCIA, R. D.; MIYAMOTO, Y. R.; DOMINGUES, M. C. S. Desenvolvimento e produtividade do milho verde safrinha em resposta à aplicação foliar com *Azospirillum brasilense*. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v.9, n.17, p.1030-1040, 2013.

FRANCHINI, J. C.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.2267-2276, 1999.

OKON, Y., LABANDERA-GONZALEZ, C. A. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 26, p. 1591-1601, 1994.

OSLON, R. A.; KURTZ, L. T. Crop nitrogen requirements, utilization, and fertilization. In: STEVENSON, F. J. Nitrogen in agricultural soils. Madison, **Soil Science Society of America**, p.567-604, 1982.

PÖTKER, D.; ROMAN, E. S. Efeito de resíduos de culturas e do pousio de inverno sobre a resposta do milho a nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.763-770, 1994.

RADWAN, T. E. E.; MOHAMED, Z. K.; REIS, V. M. Efeito da inoculação de *Azospirillum* e *Herbaspirillum* na produção de compostos indólicos em plântulas de milho e arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.10, p.987-994, 2004.

RAMOS, A. S.; SANTOS, T. M. C.; SANTANA, T. M.; GUEDES, E. L. F.; MONTALDO, Y. C. Ação do *Azospirillum lipoferum* no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Verde**, v.5, n.4, p.113-117, 2010.

REIS JÚNIOR, F. B.; DÖBEREINER, J.; BALDANI, V. L. D.; REIS, V. M.; MACHADO, A. T. Seleção de genótipos de milho e arroz mais eficientes quanto ao ganho de N através de fixação biológica de N₂. **Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia**, nov. 1998. 23 p. (Documento, n. 73).

REIS, V. M. Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas. **Seropédica: Embrapa Agrobiologia**, 2007. 22p. (Documentos, 232).

SANTI, A.; AMADO, T. J. C.; ACOSTA, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia preta: Influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.6, p.1075-1083, 2003.

TIEN, T. M.; GASKINS, M. H.; HUBBELL, D. H. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). **Applied and Environmental Microbiology**, v.37, p.1016-1024, 1979.