

**Molibdênio e coinoculação de sementes de amendoim com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* em solo do Cerrado**Fábio Steiner<sup>1</sup>, Alan Mario Zuffo<sup>1</sup>, Diego Muniz da Silva Santos<sup>1</sup>, Aécio Bush<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, Departamento de Produção Vegetal. Rodovia MS 306, km 6,4, CEP 79540-000, Cassilândia, MS, Brazil.

E-mail autor correspondente: steiner@uems.com

Artigo enviado em 29/01/2018, aceito em 12/12/2018.

**Resumo:** A adoção de práticas agrícolas sustentáveis que otimizem a fixação biológica de nitrogênio (FBN) pela cultura do amendoim são de extrema importância para melhorar o crescimento e desenvolvimento das plantas. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência da coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* e a aplicação de molibdênio na nodulação, no crescimento e na partição de matéria seca das plantas de amendoim (*Arachis hypogaea* L., cv. RUNNER IAC 886). As plantas foram cultivadas em vasos de 5,5 L preenchidos com solo arenoso em casa-de-vegetação, no município de Cassilândia, MS. Os tratamentos foram dispostos em um delineamento em blocos casualizados em um esquema fatorial 2 × 4: aplicação (+Mo) ou não de molibdênio (-Mo) na proporção de 200 mg kg<sup>-1</sup> de semente e de quatro tratamentos de inoculação das sementes: i) controle (sem inoculação); ii) inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*; iii) inoculação com *Azospirillum brasilense*; e, iv) coinoculação com *B. japonicum* e *A. brasilense*, com quatro repetições. Aos 60 dias após a semeadura, foram avaliados nodulação das raízes, o crescimento e a partição de matéria seca das plantas. A coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* não promoveu melhoria na nodulação e no crescimento das plantas de amendoim, cultivado em condições de casa de vegetação. A aplicação de Mo via sementes, independente da coinoculação, incrementa o número de nódulos, a matéria seca dos nódulos e o número de folhas das plantas de amendoim.

**Palavras-chave:** *Arachis hypogaea* L., inoculação, micronutriente, fixação biológica de nitrogênio, nodulação.

**Molybdenum and co-inoculation of peanut with *Bradyrhizobium* and *Azospirillum* in Brazilian Cerrado soil**

**Abstract:** The adoption of sustainable agricultural practices that optimize the biological nitrogen fixation (BNF) by the peanut crop are of extreme importance to improve plant growth and development. In this context, the present study had the objective of evaluating the efficiency of the co-inoculation of *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense* and the application of molybdenum in the nodulation, growth and dry matter partition of the *Arachis hypogaea* L. cv. RUNNER IAC 886. The peanut plants were grown in 5.5 L pots

filled with a sandy soil under greenhouse conditions in Cassilândia, MS, Brazil. The treatments were arranged in a randomized block design in a 2 × 4 factorial scheme: application (+Mo) or not of molybdenum (-Mo) in the proportion of 10 g/50 kg of seed and four treatments of inoculation of the seeds: i) control (without inoculation); ii) inoculation with *Bradyrhizobium japonicum*; iii) inoculation with *Azospirillum brasilense*; and, iv) co-inoculation with *B. japonicum* and *A. brasilense*, with four replications. At 60 days after sowing, root nodulation, growth and dry matter partition of the plants were evaluated. Co-inoculation of *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense* did not promote improvement in nodulation and growth of peanut plants grown under greenhouse conditions. The application of Mo via seeds, regardless of co-inoculation, increases the number of nodules, the dry matter of the nodules and the number of leaves of the peanut plants.

**Key words:** *Arachis hypogaea* L, inoculation, micronutrient, biological nitrogen fixation, nodulation.

### Introdução

O molibdênio (Mo) é um micronutriente essencial para o crescimento das plantas, especialmente para as espécies leguminosas, como o amendoim, que são capazes de fixar o N<sub>2</sub> atmosférico. A importância deste micronutriente deve-se à sua participação como constituinte das enzimas nitrogenase, responsável pela fixação biológica do nitrogênio (FBN) por rizóbios, e da nitrato redutase, responsável pela redução do nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) a nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) (KERBAUY, 2012). Portanto, tanto a FBN como a assimilação do N são seriamente afetadas pela deficiência de Mo no solo (Li et al., 2013). De fato, os sintomas de deficiência de Mo expressam-se em condições de carência de N, apresentando amarelecimento das folhas mais velhas e possíveis necroses marginais com acúmulo de nitrato (QUAGGIO et al., 2004).

Os solos do Cerrado, na sua maioria, caracterizam-se por serem ácidos e nestas condições quando o pH for inferior a 5,0, a quantidade de Mo

disponível para as plantas é extremamente baixa, resultando na deficiência desse micronutriente (MENGEL e KIRKBY, 2001). Como o Mo é exigido em pequenas quantidades pelas plantas, este micronutriente pode ser aplicado via sementes. Quaggio et al. (2004) constataram que a aplicação de Mo via semente resultou em aumentos significativos no teor de N nas folhas de amendoim e, conseqüentemente, melhorou a rendimento de grãos da cultura. Portanto, o Mo tem sido considerado um dos micronutrientes de maior resposta para a cultura do amendoim em solos tropicais; no entanto, são escassos os estudos que avaliaram os efeitos da aplicação de Mo em associação a inoculação das sementes com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* (rizóbio).

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.), por ser uma espécie leguminosa, apresenta a característica de associação com bactérias fixadoras de N (*Bradyrhizobium* sp.), o que lhe permite eficiência no processo de absorção desse nutriente. No entanto, a prática de inoculação com *Bradyrhizobium* (rizóbio)

nos cultivos comerciais de amendoim no Brasil não tem sido muito comum, principalmente, devido a ampla faixa de rizóbios nativos presentes nos solos tropicais com capacidade de colonizar as raízes de amendoim (THIES et al., 1991). Apesar dessa constatação, em algumas situações, como em áreas de primeiro cultivo de plantas leguminosas, onde não existem populações consideráveis de rizóbio no solo, a prática de inoculação tem sido recomendada com a finalidade de aumentar o rendimento de grãos da cultura, como reportado por Crusciol e Soratto (2007).

Considerando as limitações da FBN do amendoim inoculado com *Bradyrhizobium*, a utilização de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCP), capazes de promover efeito sinérgico na nodulação e no crescimento das plantas, pode representar uma alternativa para maximizar a eficiência da fixação de N e incrementar a produtividade da cultura. Dentre as rizobactérias utilizadas na inoculação de outras espécies leguminosas, se destacam as bactérias do gênero *Azospirillum* (CASSÁN et al., 2008; HUNGRIA e NOGUEIRA, 2013). Neste contexto, iniciou-se, nos últimos anos no Brasil, os estudos com coinoculação de *Bradyrhizobium* sp. e *Azospirillum brasilense* nas culturas de soja e de feijão, buscando ganhos em nodulação e suprimento de N, e maior produtividade de grãos (HUNGRIA et al., 2013). Nos casos em que se tem utilizado *A. brasilense* em leguminosas, os efeitos benéficos da associação com o *Bradyrhizobium* se devem, na maior parte, a capacidade que a rizobactéria tem de fixar N<sub>2</sub> atmosférico (Huergo et al., 2008), produzir hormônios vegetais (Cacciari et al., 1989; Bottini et al., 1989), aumentar a atividade da

redutase do nitrato (Cassán et al., 2008) e solubilizar fosfato do solo (INAGAKI et al., 2014). Em geral, tem sido relatado que as RPCP beneficiam o crescimento e desenvolvimento das plantas por uma combinação de todos esses mecanismos (DOBBELAERE et al., 2003). No entanto, não há estudos que comprovam os efeitos benéficos da coinoculação de bactéria dos gêneros *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na cultura do amendoim.

O presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência da coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* e da aplicação de molibdênio na nodulação, no crescimento e na partição de matéria seca das plantas de amendoim (*Arachis hypogaea* L., cv. RUNNER IAC 886), cultivado em condições de casa de vegetação.

### Material e Métodos

O experimento foi conduzido na casa-de-vegetação da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Cassilândia, MS (19°06'48" S; 51°44'03" W e altitude média de 470 m), no período de dezembro de 2016 a janeiro de 2017. Foram utilizados vasos plásticos com 5,5 L de capacidade, preenchidos com 5,0 L de solo arenoso peneirado em malha de 5 mm, proveniente da camada superficial de 0,0–0,20 m de um Neossolo Quartzarênico, apresentando pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,6, matéria orgânica = 14 g dm<sup>-3</sup>, P (Mehlich-1) = 8,3 mg dm<sup>-3</sup>, K = 0,07 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Ca = 2,00 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Mg = 0,70 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, H+Al = 2,00 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, CTC = 4,80 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e V = 58%.

O teor de Mo disponível no solo (extraído por solução de 1,0 mol L<sup>-1</sup> de acetato de amônio) foi de 0,38 mg dm<sup>-3</sup>, que pode ser considerado de média

disponibilidade para as plantas. O solo foi fertilizado com 30 mg dm<sup>-3</sup> de N (ureia), 250 mg dm<sup>-3</sup> de P (superfosfato simples), 80 mg dm<sup>-3</sup> de K (cloreto de potássio), 2 mg dm<sup>-3</sup> de Cu (sulfato de cobre), 2 mg dm<sup>-3</sup> de Zn (sulfato de zinco) e 1 mg dm<sup>-3</sup> de B (ácido bórico), seguindo as recomendações de Novais et al. (1991) para ensaios de vaso em condições controladas.

Os vasos foram dispostos em um delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, tendo os tratamentos seguido a combinação fatorial (2 × 4), com a aplicação (+Mo) ou não de molibdênio (-Mo) na proporção de 200 mg kg<sup>-1</sup> de semente associado a quatro tratamentos de inoculação das sementes [controle (sem inoculação), inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*, inoculação com *Azospirillum brasilense* e coinoculação com *B. japonicum* e *A. brasilense*].

A fonte de Mo utilizada foi o fertilizante comercial para sementes Nódulus® Premium 125 (Biosoja) contendo: Mo, 10%; Co, 1%; S, 1%; Ca, 1%; Fe, 0,2%. A inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* foi realizada com o inoculante comercial líquido Simbiose Nod Soja® (Simbiose: Agrotecnologia Biológica) contendo as estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080 (concentração mínima de 7,2 x 10<sup>9</sup> células viáveis por mL), na dose de 150 mL para 50 kg de sementes.

Para a inoculação com *Azospirillum brasilense* foi utilizado o inoculante comercial líquido AzoTotal® (Total Biotecnologia) que contém as estirpes AbV5 e AbV6 (concentração mínima de 2,0 x 10<sup>8</sup> células viáveis por mL), na dose de 200 mL para 50 kg de sementes. A coinoculação foi realizada misturando as duas rizobactérias, nas mesmas

proporções utilizadas quando inoculadas isoladamente, ou seja, 150 mL do inoculante contendo *B. japonicum* + 200 mL de inoculante contendo *A. brasilense* para 50 kg de sementes de amendoim. As quantidades de inoculantes utilizadas foram dissolvidas em uma solução contendo 2 mL/kg de semente de aditivo para inoculante Protege® TS (Total Biotecnologia) e, então, ambos os produtos (inoculante + aditivo) foram aplicadas nas sementes 30 minutos após a aplicação de Mo. O aditivo para inoculante é constituído de metabólitos ativos de bactérias, complexo de açúcares e biopolímeros encapsulantes e tem a finalidade de melhorar a proteção e a viabilidade das bactérias sobre as sementes.

A semeadura foi realizada no dia 21/12/2016, utilizando-se o cultivar RUNNER IAC 886 de porte rasteiro, ciclo longo de 125 a 130 dias, e peso médio de 100 grãos de 48–60 g. Foram semeadas 10 sementes por vaso, e aos nove dias após a semeadura, realizou-se o desbaste deixando-se apenas uma planta por vaso. O teor de água do solo foi monitorado diariamente e mantido próximo da capacidade de retenção de água com irrigações diárias pelo sistema de microaspersão. A temperatura e a umidade relativa do ar foram monitoradas diariamente com o auxílio de um Data Logger modelo ITLOG-80 (Instrutemp Instrumentos de Medição Ltda, São Paulo, SP, BRA) instalado dentro da casa de vegetação. As condições ambientais durante a condução do experimento foram: temperaturas mínima e máxima do ar de 19,5 e 37,8 °C, respectivamente, e umidade relativa média de 78% (±6%).

Aos 60 dias após a semeadura, no início do florescimento do amendoim, as plantas foram colhidas e as seguintes

variáveis mensuradas: número de folhas (NF), contando-se todas as folhas desenvolvidas presentes na planta; número de hastes por planta (NH), contando-se o número total de hastes das plantas; altura de planta (AP), medindo-se a haste principal do colo até o meristema apical com o auxílio de régua graduada em centímetro (cm); número de nódulos (NN), obtido pela contagem do número de nódulos presentes nas raízes. Em seguida, os nódulos foram destacados e colocados em estufa por 48 horas à 65 °C com pesagem do material seco em balança analítica com precisão de 0,0001 g e, então, calculado a razão entre a massa de matéria seca dos nódulos e o número de nódulos para obter-se a massa de matéria seca média por nódulo.

O volume radicular (VR) foi determinado pelo método de deslocamento de água, utilizando uma proveta de 100 mL graduada em mililitros (mL), portanto, com precisão de  $\pm 1,0 \text{ cm}^3$ . A área foliar (AF) foi determinada seguindo metodologia proposta por Benincasa (2003), com modificações. Após a separação de todas as folhas das plantas, foram retirados 10 discos foliares de área conhecida ( $2,0 \text{ cm}^2$ ), que foi considerada a área foliar da amostra ( $AF_{\text{Amostra}}$ ). Em seguida, após a secagem em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65 °C, por 48 horas, foi determinada a massa seca da amostra ( $MS_{\text{Amostra}}$ ) e a massa seca das folhas (MSF). A área foliar total da planta (AF) foi obtida através da seguinte equação:  $AF = [(AF_{\text{Amostra}} \times MSF) / MS_{\text{Amostra}}]$ .

Para a mensuração da massa de matéria seca das folhas (MSF), do caule (MSC) e das raízes (MSR), as plantas foram seccionadas em folha, caule e raiz e, em seguida, acondicionadas em sacos de papel, colocadas para secar em estufa de

circulação de ar forçada à 65 °C por 72 horas e, posteriormente, pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001 g, sendo os resultados expressos em g/planta. A massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) foi obtida com a soma da massa seca das folhas com a massa seca do caule, e a massa de matéria seca total (MST) foi obtida com a somatória de todas as partes da planta (folhas, caule e raízes). A relação entre a matéria seca das raízes e da parte aérea (MSR/MSPA), obtida através da divisão da massa seca da parte aérea pela massa seca das raízes.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e os efeitos significativos do teste F ( $p < 0,05$ ) foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o software estatístico Sisvar versão 5.3 (FERREIRA, 2011).

## Resultados e Discussão

Os resultados obtidos reportaram que a aplicação de Mo via sementes afetou significativamente apenas o número de nódulos por planta, matéria seca dos nódulos e número de folhas (Tabelas 1, 2 e 3). Sem do que, a aplicação de Mo na semente de amendoim incrementou em 33, 37 e 16% o número de nódulos por planta, a matéria seca dos nódulos e o número de folhas, respectivamente. Esses resultados se assemelham em partes aos obtidos por Caires e Rosolem (2000), os quais verificaram aumento da nodulação e da matéria seca dos nódulos das plantas de amendoim.

O Mo é importante na composição da molibdoferrodoxina (complexo Mo-Fe-S-proteína), que juntamente com a azotoferrodoxina (complexo Fe-S-

proteína) formam a enzima nitrogenase, capaz de catalisar a redução do N<sub>2</sub> a amônia - NH<sub>3</sub> (Lopes e Lima, 2015) e, da

enzima nitrato redutase, responsável pela redução do nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) a nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) (KERBAUY, 2012).

**Tabela 1.** Efeitos da aplicação de molibdênio e da inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* e/ou *Azospirillum brasilense* no número de nódulos, na matéria seca de nódulos e matéria seca média por nódulo das plantas de amendoim (*Arachis hypogaea* L., cv. RUNNER IAC 886) cultivadas em condições de casa de vegetação

Fatores de variação	Número de nódulos por planta	Matéria seca de nódulos (mg/planta)	Matéria seca média por nódulo (mg/nódulo)
Aplicação de Molibdênio			
-Mo	120 b	56,4 b	0,467 a
+Mo	179 a	89,9 a	0,489 a
Tratamento de Inoculação			
Controle	119 a	54,5 a	0,459 a
<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	154 a	67,6 a	0,444 a
<i>Azospirillum brasilense</i>	143 a	74,7 a	0,517 a
<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i>	181 a	95,7 a	0,492 a
Teste F		Valor de F	
Molibdênio (Mo)	5,70*	4,41*	0,45 <sup>NS</sup>
Inoculação (I)	0,50 <sup>NS</sup>	0,51 <sup>NS</sup>	0,95 <sup>NS</sup>
Interação (Mo × I)	1,30 <sup>NS</sup>	1,19 <sup>NS</sup>	3,00 <sup>NS</sup>
CV (%)	18,52	15,70	14,90

Valores médios representados por letras diferentes para os fatores aplicação de molibdênio e inoculação são estatisticamente diferentes pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade. <sup>NS</sup>: não significativo pelo Teste F de Fisher-Snedecor. \*: significativo à 5% pelo Teste F de Fisher-Snedecor. CV: coeficiente de variação.

**Tabela 2.** Efeitos da aplicação de molibdênio e da inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* e/ou *Azospirillum brasilense* na altura de planta, número de hastes por planta, número de folhas por planta, área foliar e volume radicular das plantas de amendoim (*Arachis hypogaea* L., cv. RUNNER IAC 886) cultivadas em condições de casa de vegetação

Fatores de variação	Altura de planta (cm)	Número de hastes por planta	Número de folhas por planta	Área foliar (dm <sup>2</sup> /planta)	Volume radicular (cm <sup>3</sup> /planta)
Aplicação de Molibdênio					
-Mo	11,9 a	8,00 a	58,4 b	0,584 a	19,7 a
+Mo	11,3 a	8,38 a	69,8 a	0,673 a	18,8 a
Tratamento de Inoculação					
Controle	11,9 a	8,50 a	57,4 a	0,569 a	18,0 a
<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	11,5 a	8,25 a	70,4 a	0,693 a	17,5 a
<i>Azospirillum brasilense</i>	11,8 a	8,12 a	64,1 a	0,638 a	21,0 a
<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i>	11,2 a	7,88 a	64,4 a	0,616 a	18,5 a

Teste F	Valor de F				
Molibdênio (Mo)	0,40 <sup>NS</sup>	1,50 <sup>NS</sup>	8,42 <sup>**</sup>	2,57 <sup>NS</sup>	2,69 <sup>NS</sup>
Inoculação (I)	0,12 <sup>NS</sup>	0,73 <sup>NS</sup>	1,89 <sup>NS</sup>	0,88 <sup>NS</sup>	1,48 <sup>NS</sup>
Interação (Mo × I)	2,16 <sup>NS</sup>	0,28 <sup>NS</sup>	1,91 <sup>NS</sup>	0,84 <sup>NS</sup>	2,98 <sup>NS</sup>
CV (%)	7,92	5,09	4,05	6,00	7,78

Valores médios representados por letras diferentes para os fatores aplicação de molibdênio e inoculação são estatisticamente diferentes pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. <sup>NS</sup>: não significativo pelo Teste F de Fisher-Snedecor. <sup>\*\*</sup>: significativo à 1% pelo Teste F de Fisher-Snedecor. CV: coeficiente de variação.

**Tabela 3.** Efeitos da aplicação de molibdênio e da inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* e/ou *Azospirillum brasilense* na produção de matéria seca da parte aérea, das raízes e total e relação matéria seca das raízes: parte aérea das plantas de amendoim (*Arachis hypogaea* L., cv. RUNNER IAC 886) cultivadas em condições de casa de vegetação

Fatores de variação	Matéria seca da parte aérea (g planta <sup>-1</sup> )	Matéria seca das raízes (g planta <sup>-1</sup> )	Matéria seca total (g planta <sup>-1</sup> )	Relação raiz: parte aérea (g g <sup>-1</sup> )
Aplicação de Molibdênio				
-Mo	5,68 a	2,44 a	8,12 a	0,44 a
+Mo	6,36 a	2,63 a	9,00 a	0,41 a
Tratamento de Inoculação				
Controle	5,70 a	2,41 a	8,10 a	0,42 a
<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	6,45 a	2,47 a	8,92 a	0,39 a
<i>Azospirillum brasilense</i>	6,24 a	2,90 a	9,14 a	0,48 a
<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i>	5,70 a	2,37 a	8,08 a	0,42 a
Teste F	Valor de F			
Molibdênio (Mo)	1,58 <sup>NS</sup>	0,92 <sup>NS</sup>	1,58 <sup>NS</sup>	0,81 <sup>NS</sup>
Inoculação (I)	0,16 <sup>NS</sup>	1,47 <sup>NS</sup>	0,46 <sup>NS</sup>	1,65 <sup>NS</sup>
Interação (Mo × I)	1,13 <sup>NS</sup>	3,04 <sup>NS</sup>	1,13 <sup>NS</sup>	1,10 <sup>NS</sup>
CV (%)	15,86	22,61	15,86	14,21

Valores médios representados por letras diferentes para os fatores aplicação de molibdênio e inoculação das sementes são estatisticamente diferentes pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. <sup>NS</sup>: não significativo pelo Teste F de Fisher-Snedecor. CV: coeficiente de variação.

Nesse sentido, Hafner et al. (1992) verificaram a maior eficiência da FBN pelo amendoim tem ocorrido com a aplicação de Mo. Todavia, o efeito positiva da aplicação do No neste estudo somente foi constatado para a nodulação (número e massa seca total) e no número de folhas. Desta forma, não houve reflexo nas demais variáveis que envolvem o crescimento e a partição de matéria seca das plantas de amendoim. Estes resultados podem estar relacionados ao teor médio de Mo no solo, que foi

suficiente para suprir as necessidades da cultura durante o estágio inicial de crescimento.

Predominantemente, para as fontes de variação inoculação e a interação (Mo × I) não foi constatado diferenças significativas em nenhuma das variáveis avaliadas (Tabelas 1, 2 e 3). Tais achados corroboram aos verificados por Zuffo et al. (2015), os quais avaliaram a inoculação de *Azospirillum brasilense* isoladamente ou em coinoculação com *Bradyrhizobium japonicum* na cultura da

soja [*Glycine max* (L.) Merrill.]. Os autores, observaram que não houve influências significativas na altura de plantas, número de trifólio, fitomassa seca da parte aérea, radicular, massa seca dos nódulos e volume radicular.

De acordo com Didonet et al. (2000), para obter uma inoculação eficiente com as bactérias do gênero *Azospirillum*, estas devem ter a capacidade de competir com as bactérias diazotróficas nativas e com a microflora do solo. A presença de nódulos nas plantas de amendoim no tratamento sem inoculação (controle) pode ser devido a existência de bactérias nativas no solo. Apesar da menor quantidade e massa seca dos nódulos formados no controle, a FBN neste tratamento foi capaz de suprir a demanda por N afim de atingir o máximo de eficiência fisiológica, pois, mesmo nos tratamentos em que as sementes foram inoculadas não resultou em diferenças no desenvolvimento da planta. Considerando-se ainda, em todos os tratamentos foi adicionado 30 mg dm<sup>-3</sup> de N, que também, pode ter favorecido o desenvolvimento das plantas, mesmo se houvesse uma baixa eficiência da nodulação.

### Conclusões

A coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* não promoveu melhoria na nodulação e no crescimento das plantas do cultivar RUNNER IAC 886 de amendoim, quando cultivado em condições de casa de vegetação.

A aplicação com molibdênio via sementes, independente da coinoculação, incrementa o número de nódulos, a matéria seca dos nódulos e o número de folhas por planta; todavia, não altera a

matéria seca média por nódulo e as outras características de crescimento, partição de matéria seca das plantas de amendoim.

### Referências

BOTTINI, R.; FULCHIERI, M.; PEARCE, D.; PHARIS, R. Identification of gibberelins A1, A3, and iso-A3 in cultures of *A. lipoferum*. **Plant Physiology**, v. 90, p. 45-47, 1989.

CACCIARI, I.; LIPPI, D.; PIETROSANTI, T.; PIETROSANTI, W. Phytohormone-like substances produced by single and mixed diazotrophic cultures of *Azospirillum* and *Arthrobacter*. **Plant and Soil**, v. 115, p. 151-153, 1989.

CAIRES, E. F.; ROSOLEM, C. A. Nodulação e absorção de nitrogênio pelo amendoim em resposta à calagem, cobalto e molibdênio. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 2, p. 337-341, 2000.

CASSÁN, F.; SGROY, V.; PERRIG, D.; MASCIARELLI, O.; LUNA, V. Producción de fitohormonas por *Azospirillum* sp. Aspectos fisiológicos y tecnológicos de la promoción del crecimiento vegetal. In: CASSÁN, F.D.; SALAMONE, I.G. de (Ed.) ***Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p. 61-86.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. Nutrição e produtividade do amendoim em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 1-8, 2007.

- DIDONET, A. D.; LIMA, O. S.; CANDATEN A. A. AND RODRIGUES. O. Realocação de nitrogênio e de biomassa para os grãos em trigo submetidos à inoculação de *Azospirillum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 401-411, 2000.
- DOBBELAERE, S.; VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 22, p. 107-149, 2003.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- HAFNER, H.; NDUNGURU, B. J.; BATIONO, A.; MARSCHNER, H. Effect of nitrogen, phosphorus and molybdenum application on growth and symbiotic N<sub>2</sub>-fixation of groundnut in an acid sandy soil in Niger. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 31, n. 1, p. 69-77, 1992.
- HUERGO, L.F.; MONTEIRO, R.A.; BONATTO, A.C.; RIGO, L.U.; STEFFENS, M.B.R.; CRUZ, L.M.; CHUBATSU, L.S.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O. Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum* brasilense. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. ***Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Asociación Argentina de Microbiología, Argentina, 2008. p.17-35.
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. Efeitos da co-inoculação. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, v. 170, n. 1, p. 40-41, 2013.
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M.A.; ARAUJO, R.S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. **Biology Fertility of Soils**, v. 49, n. 7, p. 791-801, 2013.
- INAGAKI, A.M.; GUIMARÃES, V.F.; RODRIGUES, L.F.O.S.; SILVA, M.B.; DIAMANTE, M.S.; RAMPIM, L.; MIORANZA, T.M.; DUARTE JÚNIOR, J.B. Phosphorus fertilization associated to inoculation of maize with diazotrophic bacteria. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 48, p. 3480-3487, 2014.
- KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2 ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, RJ, Brazil. 2012, 431p.
- LI, S.X.; WANG, Z.H.; STEWART, B.A. Chapter Five. Responses of Crop Plants to Ammonium and Nitrate N. **Advances in Agronomy**, v. 118, p. 205-397, 2013.
- LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. **Fisiologia da produção**. Viçosa: Editora UFV. 2015
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 5<sup>th</sup> ed. Academic Publishers, Dordrecht, Kluwer, USA, 2001
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J. de; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. (Coord.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991. p. 189-253. (Documentos, 3).
- QUAGGIO, J. A.; GALLO, P. B.; OWING-GERROH, C.; ABREU, M. F.; CANTARELLA, H. Peanut response to lime and molybdenum application in low pH soils.

**Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 4, p. 659-664, 2004.

THIES, J. E.; SINGLETON, P. W.; BOHLOOL B. B. Influence of the size of indigenous rhizobial populations on establishment and symbiotic performance of introduced rhizobia on field-grown legumes. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 57, n. 1, p. 19-28, 1991.

ZUFFO, A. M.; REZENDE, P. M.; BRUZI, A. T.; OLIVEIRA, N. T.; SOARES, I. O.; NETO G. F. G.; CARDILLO, B. E. S.; SILVA, L. O. Co-inoculation of *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense* in the soybean crop. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 1, p. 87-93, 2015.