

NODULAÇÃO E TRATAMENTO DE SEMENTES NO DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE SOJA

Deborah de Amorim Teixeira Santos¹
Dione Aparecido Castro²
Adeisany Stephany Ramos Machado dos Santos³
Ritielly Laiany Carvalho Senigalia⁴
Merita Albertine Chagas⁵

RESUMO - A soja (*Glycine max*) é destaque entre as principais oleaginosas do mundo. Através da simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, a leguminosa é capaz de ter a sua exigência de N totalmente satisfeita com o processo de fixação biológica de N₂. O objetivo neste trabalho foi de avaliar o efeito de diferentes formas de tratamento de sementes sobre o desenvolvimento e nodulação em plantas de soja. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 7 tratamentos e quatro repetições, totalizando 28 parcelas. Os tratamentos foram constituídos por: (T1) testemunha, (T2) semente + inoculante, (T3) semente + inoculante + Fipronil, Metil Tiofanato, Piraclostrobina, (T4) semente + inoculante + cobalto e molibdênio + Fipronil, Metil Tiofanato, Piraclostrobina, (T5) solo + inoculante, (T6) solo + inoculante + Fipronil, Metil Tiofanato, Piraclostrobina, (T7) solo + inoculante + cobalto e molibdênio + Fipronil, Metil Tiofanato, Piraclostrobina. Foram avaliados a produção de fitomassa verde e seca da parte aérea, número de nódulos totais, número de nódulos viáveis, número de nódulos inviáveis e altura das plantas. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de tukey a 5%. Não houve diferença significativa nos tratamentos para altura de plantas. Com relação à produção de fitomassa verde e seca da parte aérea, verificou-se diferença entre os tratamentos destacando-se o tratamento que recebeu somente a inoculação na semente. Os tratamentos onde foram empregados inoculante na semente, inoculante na semente + tratamento químico e inoculante na semente + tratamento químico+ micronutriente, foram os que tiveram uma maior resposta a nodulação.

Palavras-Chave: *Glycine max*, inoculação, fixação biológica.

NODULATION AND TREATMENT OF SEEDS IN THE DEVELOPMENT OF SOYBEAN PLANTILLES

ABSTRACT - Soybean (*Glycine max*) is one of the main oilseeds in the world. Through the symbiosis with bacteria of the genus *Bradyrhizobium*, the legume is able to have its requirement of N fully satisfied with the process of biological fixation of N₂. The objective in this work was to evaluate the effect of different forms of seed treatment on the development and nodulation in soybean plants. The experimental delineation was completely randomized, with 7 treatments and four repetitions, totaling 28 plots. The treatments were constituted by: (T1) control, (T2) seed + inoculant, (T3) seed + inoculant + Fipronil, Methyl Thiophanate, Piraclostrobin, (T4) seed + inoculant + cobalt and molybdenum + Fipronil, Methyl Thiophanate, Piraclostrobin, (T5) soil + inoculant, (T6) soil + inoculant + Fipronil, Methyl Thiophanate, Piraclostrobin, (T7) soil + inoculant + cobalt and molybdenum + Fipronil, Methyl Thiophanate, Piraclostrobin. The production of green and dry phytomass of the aerial part, number of total nodules, number of viable nodules, number of non-viable nodules and height of the plants were evaluated. The data were subjected to the analysis of variance and compared by the Tukey test to 5%. There was no significant difference in treatments for plant height. With respect to the production of green and dry phytomass of the aerial part, there was a difference between the treatments, highlighting the treatment received only by inoculation in the seed. The treatments where inoculants were used in the seed, inoculant in the seed + chemical treatment and inoculant in the seed + chemical treatment + micronutrient, were those that had a greater response to the nodulation.

Keywords: *Glycine max*, inoculation, biological fixation.

¹ Engenheira Agrônoma pela Universidade de Cuiabá Campus Cuiabá – deborahamorim7@hotmail.com

² Doutorando em Agricultura Tropical Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Cuiabá. diocastro.agro@gmail.com

³ Mestranda em Ciências Florestais e Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Cuiabá. adeissany@gmail.com

⁴ Doutoranda em Agricultura Tropical Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Cuiabá. ritiellycarvalho@gmail.com

⁵ Engenheira Agrônoma pela Universidade de Cuiabá Campus Cuiabá. merita.albertini@gmail.com

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*), é destaque entre as principais oleaginosas do mundo. É a cultura agrícola que mais cresceu nas últimas três décadas no Brasil e corresponde a 49% da área plantada em grãos do país (MAPA, 2014). Cultivada em praticamente todo o território nacional, a soja é considerada de grande potencial econômico. Se destacando na agricultura nacional e na balança comercial. O estado de Mato Grosso possui a estima da safra 2018/2019 com produtividade média de 55,34 sacas/ha, com um volume de 31.943.062 milhões de toneladas, (IMEA, 2019).

Entre os nutrientes essenciais para a soja o nitrogênio (N) é necessário em maior quantidade, pois os grãos são ricos em proteínas, apresentando um teor médio de 6,5 % N. O N para a soja pode ser proveniente do solo (oriundo da decomposição da matéria orgânica e das rochas), do fertilizante, da fixação química do N₂ atmosférico. As quantidades de N mineral provenientes do solo e da fixação química são baixas. Os N dos fertilizantes nitrogenados representam a forma assimilada com maior rapidez pelas plantas, mas a um custo elevado, e sua utilização aumenta a decomposição do material orgânico e sua lixiviação é altamente poluente (HUNGRIA et al., 2001).

Conforme Albino e Campos (2001) quando ocorre a simbiose as bactérias do gênero *Bradyrhizobium* infectam as raízes da soja e formam os nódulos, em seu interior é sintetizado um complexo enzimático, denominado nitrogenase, que rompe a tripla ligação existente entre os átomos de N que formam a molécula do N₂ e utilizam esses átomos para produzir duas moléculas de amônia (NH₃), que são fornecidas à planta, para sintetizar os compostos nitrogenados. A leguminosa, em contrapartida, fornece carboidratos as bactérias. Quanto maior o número de bactérias inoculadas na semente, maior a competição com as populações bacterianas já existentes no solo, resultando na formação de nódulos com as estirpes introduzidas pelo inoculante (MARKS, 2008).

A partir dessas considerações, objetivou-se neste experimento verificar o efeito de diferentes formas de tratamento de sementes sobre o desenvolvimento e nodulação em plantas de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Universidade de Cuiabá (UNIC), município de Cuiabá-MT. Foram utilizadas sementes de soja da cultivar TMG 1179 RR, com hábito de crescimento determinado e ciclo podendo variar de 103 a 132 dias.

Como unidade experimental foram utilizados vasos plásticos com capacidade de aproximadamente 5,5 kg de solo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 7 tratamentos e quatro repetições, totalizando 28 parcelas. Constituído por: (T1) testemunha, (T2) semente + inoculante, (T3) semente + inoculante + Fipronil, Metil Tiofanato, Piraclostrobina, (T4) semente + inoculante + cobalto e molibdênio + Fipronil, Metil Tiofanato, Piraclostrobina, (T5) solo + inoculante, (T6) solo + inoculante + Fipronil, Metil Tiofanato, Piraclostrobina, (T7) solo + inoculante + cobalto e molibdênio + Fipronil, Metil Tiofanato, Piraclostrobina.

Utilizou-se o inoculante líquido com estipe de *Bradyrhizobium japonicum*, SEMIA 5079 e SEMIA 5089. A dose recomendada deste inoculante é a aplicação de 100 ml para 50 kg de sementes, para o sulco de plantio recomenda-se a dose seis vezes superior à indicada para sementes. As dosagens de Fipronil, Metil Tiofanato, Piraclostrobina foi de 100 ml para 100 kg de semente e, cobalto com molibdênio a recomendação de aplicação 150 ml para 1 hectare.

O tratamento de sementes foi realizado conforme a recomendação de dosagem para cada produto. As misturas foram preparadas em frasco com as quantidades necessárias para tratar 50g de sementes. Para cada tratamento utilizou-se um frasco para a mistura. Primeiramente adicionou Fipronil, Metil Tiofanato, Piraclostrobina junto à semente e realizou a mistura, posteriormente foi adicionado cobalto e molibdênio, e por último o inoculante. As sementes foram secas a sombra em temperatura ambiente e posteriormente conduzidas a unidade experimental para a realização da semeadura.

A semeadura foi realizada no dia 30 de setembro de 2014 com a distribuição de cinco sementes por vaso, após germinação foi realizado o desbaste e deixadas 1 planta por vaso. As análises foram realizadas após 55 dias do plantio coincidindo com o estágio fenológico R1, onde segundo Hungria et al. (1997) a planta de soja apresenta a sua nodulação máxima. Posteriormente foram feitas a determinação dos dados referentes à altura de plântula, produção de fitomassa verde e fitomassa seca da parte aérea, número de nódulos totais, número de nódulos viáveis e número de nódulos inviáveis.

A altura total das plântulas foi obtida com auxílio de uma fita métrica graduada em centímetros. Para obtenção de massa verde e seca da parte aérea foi realizado a separação da parte aérea, logo após as plântulas foram pesadas em balança de precisão, para obter a massa verde e, secas em estufa de circulação forçada de ar a 60°C, por 72 h (VIEIRA & CARVALHO, 1994). Após término das 72 horas as plantas foram novamente pesadas para a determinação da fitomassa seca. Para a quantificação de número de nódulos foram retirados blocos intactos de solo juntamente com as raízes das plantas. Após separação e lavagem das raízes, foram retirados todos os nódulos presentes. Para as determinações de viabilidade, os nódulos foram seccionados ao meio com estilete e foi identificada a coloração rósea.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade através do software assistat 7.7 (SILVA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maior quantidade de nodulação foi observada nos tratamentos onde foram empregados inoculante na semente, inoculante na semente + fipronil, metil tiofanato e piraclostrobina e Inoculante na semente + fipronil, metil tiofanato e piraclostrobina + cobalto e molibdênio (Tabela 1). Os demais tratamentos não diferiram entre si.

TABELA 1 - Quantificação de nodulação em sementes de soja submetidas a diferentes tratamentos.

Tratamentos	Nódulos Viáveis	Nódulos Inviáveis	Total
Testemunha	25,00 b	16,75 ab	41,75 c
Inoculante na semente	98,00 a	6,50 b	104,50 a
Inoculante no solo	34,50 b	20,50 ab	55,00 bc
Inoculante na semente + fipronil, metil tiofanato, piraclostrobina	86,00 a	17,75 ab	103,75 a
Cobalto e molibdênio + inoculante na semente + fipronil, metil tiofanato, piraclostrobina	86,50 a	19,50 ab	106,00 a
Inoculante no solo + fipronil, metil tiofanato, piraclostrobina	41,75 b	27,75 a	69,50 b
Inoculante no solo + fipronil, metil tiofanato, piraclostrobina + cobalto e molibdênio	41,25 b	24,25 ab	65,50 bc

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Thies et al. (1991) relatam que a resposta a inoculação é altamente dependente do número de rizóbios já estabelecidos no solo, fato que explica a presença de nódulos na raiz da testemunha, pois o solo utilizado para o experimento é proveniente do município de Tangará da Serra- MT, região produtora de soja. Costa et al. (2013) verificam em experimento

conduzido em vasos um efeito negativo da aplicação de fungicida sobre a nodulação das plantas de soja, quando comparado com plantas inoculadas com estirpes de *B. japonicum*. Por outro lado, Bigaton et al. (2007), em condições experimentais similares às do presente estudo, não verificaram decréscimos no número e peso de nódulos e na porcentagem de N foliar em plantas de soja, quando avaliados diferentes tratamentos com fungicidas.

Embora os demais tratamentos não diferiram entre si, os mesmos apresentaram nodulação satisfatória, confirmando os resultados de Cattelan e Hungria (1994), onde concluíram que uma planta de soja bem nodulada pode ser considerada aquela que, na época do florescimento, apresente entre 15 a 30 nódulos na raiz. Neste trabalho, foi encontrada nodulação acima de 15 nódulos por planta, no estágio R1, sendo a inoculação considerada satisfatória. Os demais tratamentos onde apresentam inoculação no solo podem ter sofrido com o excesso de temperaturas que se encontra no interior da casa de vegetação. Temperaturas elevadas são o principal fator ambiental limitante à FBN, afetando a simbiose em todos os estádios (HUNGRIA et al. 2001).

Para massa verde e seca foi observado diferença significativa entre os tratamentos utilizados (Tabela 2). Na massa da matéria verde o destaque foi o tratamento que recebeu somente a inoculação na semente. Segundo Revellin et al. (1993) a maioria dos fungicidas tem demonstrado efeito levemente tóxico sobre nodulação da soja, após 2 horas de contato com estirpes de *B. japonicum*, antes do plantio, assim prejudicando a simbiose.

Malavolta (2003) relata que a soja requer nitrogênio em grandes quantidades. Entretanto, até o presente, trabalhos de pesquisas não tem mostrado vantagem do uso de fertilizantes nitrogenados. Mercante et al. (1992) afirmam que em todas as leguminosas a fixação de N₂ não começa até que a planta possa sustentar essa atividade, ou seja, ceder energia para que a bactéria possa entrar em atividade e fornecer o N necessário, ou até que se esgote o N presente na semente e a planta sinta “falta” desse elemento. Isso explica a vantagem da plântula que não recebe o N mineral, pois a mesma inicia o processo de formação dos nódulos mais cedo, enquanto que, aquelas que recebem o fertilizante nitrogenado retardam esse processo.

TABELA 2. Massa verde e Massa seca da parte aérea de sementes de soja submetidas a diferentes tratamentos.

Tratamentos	Massa Verde (g ⁻¹)	Massa Seca (g ⁻¹)
Testemunha	43,30 b	11,64 b
Inoculante na semente	68,02 a	20,19 a
Inoculante no solo	57,98 ab	17,55 ab
Inoculante na semente+ + fipronil, metil tiofanato, tiraclostrobina, piraclostrobina	61,87 ab	18,08 a
Cobalto e molibdênio + inoculante na semente + fipronil, metil tiofanato, tiraclostrobina, piraclostrobina	65,44 ab	19,61 a
Inoculante no solo + fipronil, metil tiofanato, tiraclostrobina, piraclostrobina	61,24 ab	17,51 ab
Inoculante no solo + fipronil, metil tiofanato, tiraclostrobina, piraclostrobina + cobalto e molibdênio	66,26 ab	20,61 a
CV (%)	13,5	16,7

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Embora tenha ocorrido diferença significativa na produção de fitomassa verde no tratamento onde foi aplicado inoculante na semente, o mesmo não influenciou na altura das plantas. Porém destaca-se que um dos tratamentos que obtiveram maior número de nódulos viáveis, respectivamente, é o mesmo que obteve maior produção de fitomassa verde, enfatizando o desempenho da fixação biológica no tratamento.

Analisando a altura de plantas não foi observada diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 3). Campos (1999) também não obteve resposta significativa para essa variável, quando trabalhou com diferentes doses de inoculante no tratamento de sementes. Golo et al. (2009) avaliaram o efeito da aplicação de diferentes doses de cobalto (Co) e molibdênio (Mo) via foliar e a inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum*, sobre as características produtivas da cultura da soja e na qualidade de suas sementes e observaram que a característica altura da planta não foi influenciada pelos tratamentos. Paniagua et al. (2017) avaliaram o efeito de doses e forma de aplicação de inoculante na cultura da soja, e constataram que o aumento da dose de inoculante de *B. japonicum* e a complementação foliar do inoculantes *B. elkanii* não teve efeito sobre altura de planta de soja.

TABELA 3. Massa verde e Massa seca da parte aérea de sementes de soja submetidas a diferentes tratamentos.

Tratamentos	Altura de Plantas (cm ⁻¹)
Testemunha	85,25 a
Inoculante na semente	90,75 a
Inoculante no solo	87,00 a
Inoculante na semente+ Fipronil, Metil Tiofanato, Piraclostrobina	90,25 a
Cobalto e molibdênio+ inoculante na semente+ Fipronil, Metil Tiofanato, Piraclostrobina	84,25 a
Inoculante no solo+ Fipronil, Metil Tiofanato, Piraclostrobina	84,50 a
Inoculante no solo+ Fipronil, Metil Tiofanato, Piraclostrobina+ Cobalto e molibdênio	96,50 a
CV (%)	5,1

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Similar ao que ocorreu no presente experimento, Bulegon et al., (2016) estudando a aplicação de bactérias diazotróficas em duas variedades de soja, não constataram aumento de altura de planta quando inoculada com *B. japonicum*.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos é possível concluir que sementes de soja tratadas com inoculante apresentam melhor desenvolvimento e nodulação das plântulas. No entanto o tratamento não influencia no ganho em altura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, U.B; CAMPO, R.J. Efeito de fontes e doses de molibdênio na sobrevivência do *Bradyrhizobium* e na fixação biológica de nitrogênio em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 527-534, 2001.
- BIGATON, D.; et al.; Fungicidas aplicados em tratamento de sementes de soja e seus efeitos sobre nodulação e a fixação biológica de nitrogênio. **Revista Agricultura Tropical**, Dourados-MS, v. 9, s/p, 2006/2007.
- BULEGON, L.G.L.; RAMPIM, J.; KLEIN, D.; KESTRING, V.F.; GUIMARÃES, A.G.; BATTISTUS, E.A. INAGAKI, M. Componentes de produção e produtividade da cultura da soja submetida à inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Terra Latinoamericana**. México, v.34, p.169-176, 2016.
- CAMPOS, B. C. Dose de Inoculante Turfoso para Soja em Plantio Direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 423-426, 1999.
- CATTELAN, A. J.; HUNGRIA M. **Nitrogen Nutrition and Inoculation**. In: FAO (ed.) Tropical soybean- improvement and production. Rome: FAO, 1994.
- COSTA, R. C.; et l.; **Sobrevivência de *Bradyrhizobium japonicum* em Sementes de Soja tratadas com Fungicidas e os Efeitos sobre a Nodulação e a Produtividade da Cultura**. Dourados, MS. 2013.
- CRIS, E. P. et al. Produtividade da Soja em Resposta à Aplicação de Molibdênio e Inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 29:151-155, 2005.
- GOLO, A. L., KAPPES, C., CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O.M. Qualidade das sementes de soja com a aplicação de diferentes doses de molibdênio e cobalto. **Revista Brasileira de Sementes**, 31(1), 40-49. 2009.
- HUNGRIA, M. et al. **Fixação Biológica do Nitrogênio na Cultura da Soja**. Londrina: Embrapa Soja. 2001. 48p.
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; CAMPO, R.J. **A inoculação da soja**. Londrina: EMBRAPA - CNPSo, 1997. 28p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica, 17; EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 34) IMEA. **3º Estimativa da Safra de Soja- 2018/2019**. Fevereiro 2019.
- MALAVOLTA, E. **Adubos e Adubações**. Editora Nobel, 1º edição, 2003, 200p.
- MAPA, Ministério da Agricultura. **Soja**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>>. Acesso em: 16 out. 2014. 2014.
- MARKS, B. B. **Avaliação da Sobrevivência de Bradirrizóbios em Sementes de soja Tratadas com Fungicidas, Protetor Celular “Power” e o Inoculante “Nitragin Optimize”**. Porto Alegre. 2008.

MERCANTE, F. M.; et al. **A Inoculação do Feijoeiro Comum com Rizóbio**. Seropédica: Embrapa- CNPBS, 1992. 8p. (Comunicado técnico, 10).

MISSÃO, A. R. Soja: Origem, Classificação, Utilização e uma Visão Abrangente do Mercado. Maringá Management: **Revista de Ciências Empresariais**, v. 3, n. 1 – p. 7-15, jan./jun. 2006.

PANIAGUA, A. B.; MAZZETO, E.; ALVAREZ, J.W.R.; FIGUEIREDO, K.J.C. Doses e forma de aplicação de inoculante e seu efeito na cultura da soja. **Revista Varia Scientia Agrárias** v. 04, n.01, p. 19-31, 2017.

PARISI, J. J. D.; MEDINA, P. F. **Tratamento de Sementes**. Instituto Agrônomo- IAC, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Fitossanidade. Disponível em:<http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/81.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2014.

PENARIOL, A. **Soja: Cultivares no Lugar Certo**. Informações Agrônomicas N° 90- junho/2000.

REVELLIN, C.; et al.; **Effect os some fungicide seed treatment os the survival os *Bradyrhizobium japonicum* and os nodulation and yield of soybean [*Glycine max* (L.) Merriell]**. Biology and Fertility of Soils, Berlin, v.16, p 211- 214, 1993.

SILVA, F. A. S. ASSISTAT: **Versão 7.7 beta**. DEAG-CTRN-UFCG – Atualizado em 01 de abril de 2014. 2014.

THIES, J. E. et al. Ubgroups of cowpea miscellany: sybiotic specificity within *Bradyrhizobium* ssp. for *Vigna unguiculata*, *Phadeolus lunatus*, *Arachis hypogaea*, and *Macroptilium atropurpureum*. **Applied and Emvironnemental Microbiology**, 1991, v.57.

VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Eds.) **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p.