

Efeitos de diferentes formulações e técnicas de inoculação no crescimento da soja⁽¹⁾.

Aline de Liz Ronsani⁽²⁾; Magaiver Gindri Pinheiro⁽²⁾; Sonia Purin⁽³⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos das empresas Total Biotecnologia e Cultivar Distribuidora de Insumos Agrícolas Ltda.

⁽²⁾ Estudantes do curso de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Catarina; Rodovia Ulisses Gaboardi km 3 – Fazenda Pessegueirinho; Curitibanos, SC; alinelizronsani@gmail.com; ⁽³⁾ Professora da Universidade Federal de Santa Catarina; Rodovia Ulisses Gaboardi km 3 – Fazenda Pessegueirinho, Curitibanos, SC; s.purin@ufsc.br.

RESUMO: Com o aumento de produção mundial de soja, tem-se maior demanda de tecnologias que otimizem a produtividade desta cultura. Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes formulações e técnicas de inoculação na nodulação e no crescimento da soja. O experimento foi realizado em dezembro de 2012, no município de Lages. O estudo foi conduzido em um delineamento em blocos ao acaso, com seis repetições. Cada repetição consistiu em uma parcela de 4,0 x 6,0m. Foram testados sete tratamentos: 1) Testemunha, 2) Inoculante turfoso, 3) Nitrogênio mineral, 4) Pré inoculante TN Cronos 1 + inoculante líquido, 5) Pré inoculante TN Cronos 2 + inoculante líquido, 6) Inoculante líquido pulverizado no sulco de semeadura, 7) Inoculante líquido com promotores de crescimento. Foram avaliados número de nódulos por planta aos 32 dias e no estágio R2, massa seca dos nódulos e massa seca da parte aérea. A melhor nodulação e massa seca de nódulos foram obtidas quando aplicado o inoculante pulverizado no sulco de semeadura. Já a massa seca da parte aérea não sofreu efeito de nenhum dos tratamentos. Em áreas de primeiro cultivo de soja a aplicação do inoculante pulverizado diretamente no sulco de semeadura possibilita maior nodulação.

Termos de indexação: *Rhizobium*, soja, inoculação.

INTRODUÇÃO

A produção de soja no Brasil aumenta a cada ano, podendo assumir o posto dos Estados Unidos de maior produtor mundial em 2013 com uma produção de 81,0 milhões de toneladas (Instituto Ceba, 2012). Já a produção estadual era deficitária em relação ao consumo até a safra 2008/09. Nos dois anos seguintes, com aumento de área e de produtividade (3.120 e 3.250/kg), o Estado se tornou autossuficiente e teve um superávit de 21 e 28%. Com isto, existe a necessidade de inovações tecnológicas que aumentem a produtividade.

O nitrogênio é o nutriente mais requerido na cultura da soja, sendo que para a produção de 1000 kg de grãos são necessários cerca de 83 kg de N

(Hungria et al., 2001). Para suprir esta demanda fisiológica, o N pode ser fornecido na forma mineral, orgânica, ou adquirido através da fixação biológica de nitrogênio (FBN), que se constitui na alternativa mais indicada.

A FBN ocorre através da simbiose entre leguminosas e bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, e através dela adubação mineral para o cultivo da soja é dispensada (Hungria et al., 2005; Zilli et al., 2011). Dentre as tecnologias de inoculantes para a soja, a mais difundida é o inoculante turfoso. Ele aumenta a viabilidade das células pela proteção física da turfa, porém necessita ser misturado a uma solução açucarada. O inoculante turfoso aumenta a probabilidade de sucesso da inoculação em condições adversas tais como temperaturas elevadas e baixa umidade do solo (Brandão Junior & Hungria, 2000). Já os inoculantes líquidos tem uma maior facilidade de aplicação, porém não são recomendados para áreas de primeiro cultivo e necessitam de formulações que garantam a sobrevivência adequada do rizóbio (Stephens & Rask, 2000). O inoculante líquido pode ser pulverizado no sulco para minimizar problemas oriundos do tratamento de sementes (Williams, 1984). Outra estratégia é a combinação do inoculante com promotores de crescimento tais como *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* (Bárbaro et al., 2009).

Recentemente, as pesquisas vêm sendo direcionadas para tecnologias que permitam as sementes serem estocadas após a inoculação. Uma delas é a aplicação de pré-inoculantes como TotalNitro Cronos®. O uso deste produto evita que as sementes sejam perdidas caso a semeadura não seja realizada em um intervalo de 24 horas após a inoculação. As bases oleaginosas contidas nos pré-inoculantes mantêm os rizóbios em condições estáveis por até 2 a 4 dias antes do plantio.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes formulações e técnicas de inoculação na nodulação e no crescimento da soja em uma área de primeiro cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente experimento foi implantado no

município de Lages, SC, em dezembro de 2012. A área é em uma propriedade particular, de primeiro ano de cultivo da soja. O solo é caracterizado como Cambissolo Húmico. As características físico-químicas da área experimental encontram-se descritas na Tabela 1. A adubação de base foi realizada com 300kg/ha de NPK (0,18,18). Amostras de solo foram coletadas anteriormente à implantação do experimento com o objetivo de quantificar a população nativa de rizóbios. O resultado revelou que o solo não apresentava população de rizóbios nativos.

Tabela 1 – Caracterização físico-química do solo da área experimental.

Atributo	Valor
pH	5,1
Ca (cmol _c dm ³)	8,56
Mg (cmol _c dm ³)	3,52
Al (cmol _c dm ³)	5,04
H+Al	19,40
K (mg dm ³)	88,0
P (mg dm ³)	8,1
MO (g dm ³)	4,2
CTC (cmol _c dm ³)	17,35
SB (cmol _c dm ³)	100,08
V (%)	315,0
Argila (g kg ⁻¹)	57

Tratamentos e amostragens

O experimento foi conduzido em um delineamento em blocos ao acaso, com seis repetições. Cada repetição consistiu em uma parcela de 4,0 x 6,0m. A semeadura foi realizada manualmente com o espaçamento de 40cm entre linhas e de 12 a 14 sementes por metro linear. A área útil de cada parcela foi de 3,2 m², tendo sido colhidas as duas fileiras centrais, desprezando-se 1 m de bordadura nas extremidades. A variedade de soja utilizada foi NA 5909 (Nidera), tratada com os seguintes produtos: Vitavax-thiram 200 SC na proporção de 3mL/kg de semente; Saluzi 600 FS, na proporção de 1mL/kg e CoMo na proporção de 2mL/kg de semente.

Os tratamentos utilizados consistiram em: 1) Testemunha, 2) Inoculante turfoso, 3) Nitrogênio mineral, 4) Pré inoculante TN Cronos 1 + inoculante líquido, 5) Pré inoculante TN Cronos 2 + inoculante líquido, 6) Inoculante líquido pulverizado no sulco de semeadura, 7) Inoculante líquido com promotores de crescimento. No tratamento 1, as sementes foram submetidas aos tratamentos sanitários sem

receber inoculante. O tratamento 2 consistiu na aplicação de inoculante turfoso comercial (*Bradyrhizobium japonicum* estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080), contendo a população bacteriana de 5 x 10⁹ UFC/g, na dose de 2g por Kg de semente e adicionando 6mL de calda açucarada. A concentração final de bactérias foi de 1,2x10⁶ UFC/g de sementes. O tratamento 3 baseou-se no uso de 200kg/ha de nitrogênio mineral. A aplicação foi feita utilizando-se o produto SuperN®, parcelando-se a dose em 50% na semeadura e 50% aos 32 dias após emergência. O tratamento 4 consistiu na aplicação de bases oleosas (TN Cronos) às sementes tratadas 2 dias antes do momento da semeadura. Estas bases, denominadas de “A” e “B”, foram aplicadas na proporção de 1mL/kg de semente, separadamente. A base “B” foi adicionada juntamente com inoculante líquido (2,0mL/kg de semente). Após tratadas, as sementes foram mantidas à sombra até o momento da semeadura. No tratamento 5, o procedimento foi idêntico, entretanto as sementes foram tratadas 4 dias antes da semeadura. No tratamento 6, foi realizada a aplicação de inoculante comercial diretamente no sulco de semeadura. O produto aplicado foi o inoculante líquido TotalNitro® Soja, contendo as estirpes de bactérias *Bradyrhizobium elkanii* (SEMIA 587 e SEMIA 5019) na concentração de 3,0 x 10⁹ células/mL. Um volume de 400mL de inoculante foi diluído em 20 L de água. Em cada parcela, foram pulverizados 480mL desta solução. Após a aplicação do inoculante diluído no sulco, as sementes foram dispostas manualmente. Em seguida, os sulcos foram cobertos com uma camada de aproximadamente 3 cm de solo. No tratamento 7, o produto usado como promotor de crescimento foi Azototal® composto por bactérias do gênero *Azospirillum brasiliensis*, aplicado diretamente nas sementes na dose de 2mL/kg. Conjuntamente, foram aplicados 2mL/kg de semente do produto TotalNitro® no momento da semeadura.

O tratamento fitossanitário da área experimental consistiu na aplicação de Glifosato (2,5L/ha) Acefato (500g/ha), Carbendazim (0,5L/ha), Domark e Priori (400 e 200mL/ha, respectivamente), Trinca Caps (40mL/ha) e Mirza (70mL/ha).

Aos 32 dias após emergência, foram coletadas 5 plantas das duas linhas centrais de cada parcela. Os parâmetros avaliados foram: massa seca da parte aérea (g/planta), número de nódulos por planta e massa seca de nódulos (g/planta). A coleta foi feita utilizando-se de pá de corte para auxiliar a retirada

das plantas com raízes intactas. Estas foram acondicionadas em sacos plásticos e transportadas para o Laboratório de Microbiologia da UFSC. Inicialmente, a parte aérea foi separada das raízes cortando-a no ponto de inserção dos cotilédones. A parte aérea foi acondicionada em sacos de papel pardo e levada à estufa de circulação forçada com temperatura média de 60°C por um período de cinco dias. Em seguida, a massa seca da parte aérea foi determinada em balança semi-analítica.

As raízes foram lavadas e os nódulos foram separados e contados. Posteriormente, foram levados à estufa para secagem e determinação da massa seca de nódulos. Uma vez finalizado o processo da coleta de nódulos, as raízes foram descartadas. Uma segunda coleta de dados foi realizada no estágio fenológico R2. Nesta ocasião, os parâmetros avaliados foram número de nódulos por planta e massa seca de nódulos. Os dados foram coletados seguindo o mesmo procedimento aplicado à primeira coleta.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com separação de médias pelo teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variável número de nódulos aos 32 DAE sofreu efeitos dos tratamentos, sendo os maiores valores observados quando o inoculante foi pulverizado no sulco (Tratamento 6). Nele, foram observados em média 7 nódulos por planta comparado aos demais tratamentos que não nodularam, à exceção do tratamento 2 (**Tabela 2**, $p < 0,01$, $F = 18,87$). Corroborando com a primeira coleta, no estágio R2 o tratamento 6 foi o qual proporcionou a maior nodulação (59 nódulos/planta) comparado aos demais tratamentos, com média geral de 17 nódulos/planta (**Tabela 2**, $p < 0,05$, $F = 3,06$).

Tabela 2. Médias de número de nódulos/planta aos 32 dias após emergência (DAE) e no estágio R2.

Tratamento	Nódulos – 32DAE	Nódulos – R2
T1	0b*	1b
T2	1b	17ab
T3	0b	5b
T4	0b	14ab
T5	0b	20ab
T6	7a	59a
T7	0b	44ab

* Médias seguidas pela mesma letra dentro das colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A massa seca dos nódulos aos 32 dias foi significativamente maior quando o inoculante foi pulverizado (**Figura 1**, $p < 0,01$, $F = 19,54$). No estágio R2, os valores foram superiores, da mesma maneira, no tratamento 6 (**Figura 1**, $p < 0,01$, $F = 3,71$).

A massa seca da parte aérea aos 32 DAE não sofreu efeito de nenhum dos tratamentos propostos, obtendo uma média geral de 2,33g/planta.

Em outros estudos, os valores observados de número de nódulos podem ser inferiores na aplicação pulverizada comparada a inoculação direta na semente (Voss, 2002), diferentemente do que foi visto neste experimento, onde o melhor desempenho foi na aplicação pulverizada do inoculante. Da mesma maneira, outros estudos já demonstraram um número de nódulos significativamente maior quando o inoculante é aplicado no sulco de semeadura (Zilli et al., 2011).

O meio de aplicação pulverizado é indicado para casos de condições adversas, tais como solos secos e quentes ou sementes tratadas com produtos deletérios para o rizóbio (Williams, 1984). No período de plantio, a área experimental apresentava solo em condição acentuada de seca, o que pode explicar o melhor desempenho das plantas no tratamento pulverizado.

Juntamente a isto, trabalhos mostram que os fungicidas à base de metais pesados, como Zn, Cu e Pb, são pouco compatíveis com a inoculação (Campos & Hungria, 2000). No presente estudo, o tratamento de sementes possivelmente afetou as bactérias inoculadas, e pode ter proporcionado o menor percentual de nodulação nos tratamentos em que houve contato direto dos inoculantes com as sementes. Em áreas de primeiro cultivo de soja, o que se recomenda é que a dose do inoculante microbiano seja dobrada. Alternativamente, o inoculante pode ser aplicado no sulco de semeadura, por aspersão, desde que se utilizem doses mais elevadas (Embrapa, 2012). A dosagem de inoculante deste experimento foi de apenas 2 doses, o que pode não ter sido adequada nas condições estudadas visto que outras áreas dentro da mesma propriedade foram cultivadas com 5 doses de inoculante turfoso.

A adição de bases oleaginosas (TN Cronos) às sementes tratadas de 2 e 4 dias antes da semeadura resultou em um padrão de inoculação semelhante ao obtido com o inoculante turfoso. Assim, o uso destes produtos pode ser feito garantindo o sucesso da nodulação mesmo que a semeadura não seja feita dentro de 24 horas.

CONCLUSÕES

Nas condições estudadas, a melhor técnica de inoculação para a nodulação da soja é pulverizar o inoculante líquido no sulco de semeadura.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Empresa Total Biotecnologia, pela concessão da bolsa de extensão a A. de Liz Ronsani, e a Empresa Cultivar pelo apoio técnico-científico na condução do experimento.

REFERÊNCIAS

BÁRBARO, I.M. et al. Produtividade da soja em resposta à inoculação padrão e coinoculação. *Revista Colloquium Agrariae*, 5:01-07, 2009.

BRANDÃO JUNIOR, O. & HUNGRIA, M. Efeito de concentrações de solução açucarada na aderência do inoculante turfoso às sementes, na nodulação e no rendimento da soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 24: 515-526, 2000.

CAMPOS, R.J. & HUNGRIA, M. Compatibilidade de uso de inoculante e fungicidas no tratamento de sementes de soja. Londrina, Embrapa Soja, 2000. 32p. (Circular Técnica / Embrapa Soja, ISSN 1516-7860; n.26).

EMBRAPA. Uso de inoculante microbiano no aumento de rendimento da cultura da soja. 2012. Disponível em: ><http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2012/outubro/1-a-semana/uso-de-inoculante-microbiano-aumenta-rendimento-da-cultura-da-soja/>>. Acesso: 25/04/2013

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. Londrina, Embrapa Soja, 2001. 48 p. (Circular Técnica / Embrapa Soja, ISSN 1516-7860; n.35).

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; CAMPO, R.J.; GRAHAM, P.H. The importance of nitrogen fixation to soybean cropping in South America. In: WERNER, D.; NEWTON, W.E. (Ed.). *Nitrogen fixation in agriculture: forestry ecology and environment*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p.25-42. 2005.

Instituto CEPA. Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2012. Disponível em: <<http://cepa.epagri.sc.gov.br>>. Acesso: 16/04/2013.

STEPHENS, J.H.G.; RASK, H.M. Inoculant production and formulation. *Field Crops Research*, 65: 249-258, 2000.

VOSS, M. Inoculação de rizóbio no sulco de semeadura para soja, em um campo nativo, no norte do Rio Grande do Sul. Passo Fundo, Embrapa Trigo, 2002. 5p. html (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, 108). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p-co108.htm>.

WILLIAMS, P.M. Current use of legume inoculant technology. In: ALEXANDER, M. *Biological Nitrogen Fixation: ecology, technology, and physiology*. Nova Iorque: Plenum Press, 1984. p.173-200.

ZILLI, E.J. et al. Resposta do Feijão-Caupi à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* recomendadas para a soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35:739-742, 2011.

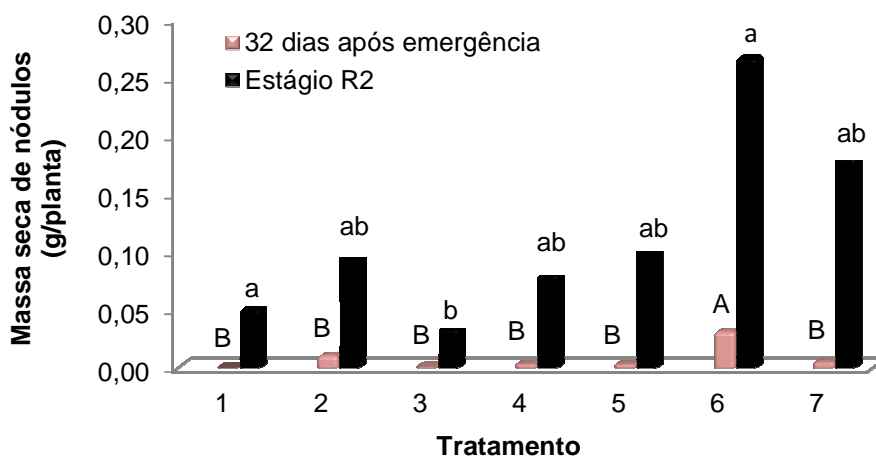


Figura 1 – Massa seca de nódulos (g/planta) aos 32 dias após emergência e no estágio R2. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si (32 DAE). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si (Estádio R2).