

## Impacto da aplicação de doses de inoculante no sulco de semeadura sobre o estabelecimento inicial das plântulas de soja

Lucas da Rosa<sup>1</sup>, Maickon Alexandri Rezende Paulino<sup>1</sup>, Lucila Silva Molina<sup>1</sup>, Alan Mario Zuffo<sup>2</sup>, Jorge González Aguilera<sup>1</sup>, Fábio Steiner<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Curso de Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Cassilândia (MS).

<sup>2</sup> Curso de Agronomia, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Balsas (MA).

\* E-mail: [steiner@uems.br](mailto:steiner@uems.br)

**Resumo:** A inoculação da cultura da soja com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* spp. é prática agrônômica amplamente utilizada pelos produtores rurais. No entanto, devido ao menor rendimento operacional da semeadura, novos métodos de inoculação têm sido propostos em substituição ao método padrão de inoculação no tratamento das sementes. Neste contexto, este estudo avaliou a viabilidade da aplicação de doses de inoculante contendo estirpes de *Bradyrhizobium* spp. diretamente no sulco de semeadura sobre a emergência e crescimento inicial das plântulas de soja. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4×5 com quatro repetições. Os tratamentos constituíram de 4 cultivares de soja (DM 73I75 IPRO, DM 75I74 IPRO, DM 79I81 IPRO e DM 80I79 IPRO) e da aplicação do inoculante no tratamento de semente (método padrão) e da aplicação de quatro doses de inoculante no sulco de semeadura [150, 300, 600 e 1200 mL ha<sup>-1</sup> de inoculante]. As doses aplicadas no sulco de semeadura são equivalentes à metade da dose recomendada (½ Dose), à dose recomendada (1x Dose), duas vezes a dose recomendada (2x Dose) e quatro vezes a dose recomendada (4x Dose). Aos 12 dias após a semeadura, foram avaliados a porcentagem de emergência, índice de velocidade de emergência, tempo médio de emergência, comprimento e matéria seca das plântulas. Os resultados indicaram que a utilização de inoculante contendo estirpes de *Bradyrhizobium* spp. na dosagem equivalente à quatro vezes a dose recomendada (4x Dose) para a aplicação no sulco de semeadura pode comprometer o processo de emergência e inibir o crescimento inicial das plântulas de soja. No entanto, a cultivar DM 73I75 IPRO teve menor impacto da aplicação de altas doses de inoculantes sobre a porcentagem de emergência e velocidade de emergência das plântulas.

**Palavras-chave:** *Bradyrhizobium* spp.; *Glycine max* (L.) Merrill.; Inoculação.

## Impact of the inoculant application dose in the sowing furrow on the initial establishment of soybean seedlings

**Abstract:** Inoculation of soybean culture with bacteria of the genus *Bradyrhizobium* spp. It is an agronomic practice widely used by rural producers. However, due to the lower operational yield of sowing, new inoculation methods have been proposed to replace the standard inoculation method in seed treatment. In this context, this study evaluated the feasibility of applying inoculant doses containing strains of *Bradyrhizobium* spp. directly in the sowing furrow on the emergence and initial growth of soybean seedlings. The experimental design used was completely randomized in a 4×5 factorial scheme with four replications. The treatments consisted of 4 soybean cultivars (DM 73I75 IPRO, DM 75I74 IPRO, DM 79I81 IPRO and DM 80I79 IPRO) and the application of the inoculant in the seed treatment (standard method) and the application of four doses of inoculant in the sowing furrow [150, 300, 600 and 1200 mL ha<sup>-1</sup> of inoculant]. The doses applied in the sowing furrow are equivalent to half the recommended dose (½ Dose), the recommended dose (1x Dose), twice the recommended dose (2x Dose) and four times the recommended dose (4x Dose). At 12 days after sowing, the percentage of emergence, emergence speed index, average emergence time, length and dry matter of seedlings were evaluated. The results indicated that the use of inoculant containing strains of *Bradyrhizobium* spp. at a dosage equivalent to four times the recommended dose (4x Dose) for application in the sowing furrow, it can compromise the emergence process and inhibit the initial growth of soybean seedlings. However, the cultivar DM 73I75 IPRO had less impact of the application of high doses of inoculants on the percentage of emergence and speed of emergence of seedlings.

**Keywords:** *Bradyrhizobium* spp.; *Glycine max* (L.) Merrill.; Inoculation.

## Introdução

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill.] é uma das mais importantes culturas para a economia e o agronegócio brasileiro e mundial. Atualmente, o Brasil é o maior produtor e exportador de soja do mundo, na safra 2021/2022 a cultura da soja ocupou área de 40,6 milhões de hectares, com produção total estimada de 125,5 milhões de toneladas, o que representa produtividade média de 3.091 kg ha<sup>-1</sup> de grãos (CONAB, 2022). A região do Cerrado representa cerca de 52% de toda a área de soja cultivada no Brasil, com quase 20 milhões de hectares (CONAB, 2022). A produção de soja na região do Cerrado certamente continuará a ser importante impulsionador do crescimento econômico agrícola do Brasil nos próximos anos.

Nas últimas décadas a busca por novas técnicas agronômicas que possibilitem a maximização da produtividade agrícola e a redução dos custos de produção têm sido muito importantes para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável e competitiva. Neste contexto, os constantes avanços dos programas de melhoramento genético da cultura da soja, associados com a seleção de estirpes de *Bradyrhizobium* spp. adaptadas às condições tropicais brasileiras, têm sido capazes de substituir totalmente o uso de fertilizantes nitrogenados no cultivo de soja (ZUFFO *et al.*, 2019). Estes avanços tecnológicos foram, sem dúvidas, os principais fatores que contribuíram para a expansão da cadeia produtiva da cultura da soja no Brasil (HUNGRIA *et al.*, 2006; ZUFFO *et al.*, 2015; ZUFFO *et al.*, 2020).

A inoculação consiste na aplicação de bactérias que são capazes de fixar o nitrogênio atmosférico (N<sub>2</sub>), e quando entram em contato com as raízes das plantas, essas bactérias do gênero *Bradyrhizobium* causam a infecção das raízes, formando os nódulos radiculares (HUNGRIA *et al.*, 2006). Neste processo existe um papel fundamental de mutualismo, sendo que as bactérias necessitam das raízes para a sua sobrevivência e, em recompensa estas bactérias fixam o N<sub>2</sub> que é utilizada pelas plantas para a sua nutrição (SEDIYAMA *et al.*, 2015).

A adoção de práticas agrícolas sustentáveis que otimizem a fixação biológica de nitrogênio (FBN) e o rendimento de grãos da cultura de soja são extremamente importantes para o agronegócio brasileiro. De acordo com Zuffo (2016), durante a safra de 2015/16, o uso de inoculantes contendo estirpes de *Bradyrhizobium* sp. possibilitou na economia de US\$ 8,7 bilhões no consumo de fertilizantes nitrogenados industrializados. A quantidade de N<sub>2</sub> fixado por meio da simbiose das plantas de soja com as bactérias do gênero *Bradyrhizobium*

(rizóbio) pode chegar até 300 kg de N, o que pode representar cerca de 94% do N total acumulado pelas plantas (HUNGRIA *et al.*, 2006).

Nas condições tropicais brasileiras, o processo de FBN por meio da simbiose *Bradyrhizobium*-soja pode fornecer praticamente todo o N requerido pela cultura da soja, desde que respeitados os procedimentos para a adequada nodulação das raízes (SEDIYAMA, 2016; ZUFFO *et al.*, 2018). Atualmente, o método padrão mais utilizado para realizar a inoculação da soja é através do tratamento das sementes, adicionando inoculantes líquidos e turfosos contendo as estirpes de *Bradyrhizobium* spp. desejadas (EMBRAPA, 2011). O tratamento de sementes pode ser realizado ao nível de propriedade (*on farm*), ou ao nível de indústria (TSI) (SEDIYAMA *et al.*, 2015). No entanto, a inoculação das sementes nas propriedades rurais tem resultado no menor rendimento operacional da semeadura por conta do tempo que essa operação necessita, sendo que, em muitas situações, os agricultores não têm utilizado esta prática agronômica alegando dificuldade da operação dentro da propriedade, o que pode comprometer a rentabilidade da cultura (CAMPO & HUNGRIA, 2007; ZUFFO *et al.*, 2019).

Portanto, novos métodos de realizar a inoculação da soja têm sido propostos, tais como o uso de inoculantes diretamente no sulco de semeadura. Neste método, uma solução contendo o inoculante é depositada sobre as sementes distribuídas no sulco de semeadura, utilizando-se semeadoras próprias ou adaptadas. Esta prática agronômica vem permitindo ganho operacional e maior comodidade para realizar a inoculação da soja (SEDIYAMA *et al.*, 2015). Além disso, a diluição do inoculante na água, para aplicação no sulco de semeadura, melhora a distribuição e o contato do rizóbio nas sementes e no solo, afastando-o da superfície e posicionando-o onde há menor oscilação de temperatura e umidade, ficando, portanto, melhor localizado para infectar as raízes da soja (VOSS, 2002; VIEIRA-NETO *et al.*, 2008). Vieira-Neto *et al.* (2008) relataram que a inoculação via tratamento de sementes proporciona melhores resultados em áreas sem histórico de cultivo da soja, ao passo que a inoculação via sulco de semeadura proporciona melhores resultados em áreas com histórico de cultivo da soja. No entanto, há poucas informações na literatura que dão suporte a essa prática agronômica e comprovam a sua eficiência nos sistemas de produção agrícola, especialmente quanto a dose a ser aplicada. Altas doses de inoculantes aplicadas no sulco de semeadura podem comprometer a emergência e o estabelecimento inicial das plantas no campo, o que irá afetar negativamente o estande de plantas e a produtividade de grãos da cultura.

Diante do exposto, este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a viabilidade e o impacto da aplicação de doses de inoculante contendo estirpes de *Bradyrhizobium* spp. no sulco de semeadura sobre a emergência e crescimento inicial das plântulas de soja quando comparado ao método padrão de inoculação da soja por meio do tratamento das sementes.

### Material e Métodos

O ensaio foi conduzido no Laboratório de Ecofisiologia Vegetal da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Unidade Universitária de Cassilândia – MS (19°05'30.0"S 51°48'55.0"W e altitude média de 547 m), entre os meses de maio e junho de 2022. Sementes de quatro cultivares comerciais de soja foram adquiridas diretamente da empresa produtora de sementes certificadas Uniggel Sementes®, situada no município de Chapadão do Céu (GO). As cultivares de soja utilizadas neste estudo têm sido amplamente cultivadas na região do Cerrado, e possuem como característica a alta exigência em fertilidade do solo e alto potencial de rendimento de grãos. Inicialmente, foram determinados o teor de água, massa de mil sementes e taxa de germinação das sementes. As principais características agronômicas e intrínsecas das sementes são mostradas na Tabela 1.

**Tabela 1** - Características agronômicas, teor de água, massa de mil sementes e germinação das quatro cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill.] utilizadas no estudo.

Cultivar	Características Agronômicas			Teor de água (%)	Massa mil sementes (g)	Germinação (%)
	Ciclo <sup>1</sup>	GMR	Tipo de crescimento			
DM 73I75 IPRO	110	7,3	Indeterminado	10,17	189	98
DM 75I74 IPRO	115	7,5	Indeterminado	10,08	156	100
DM 79I81 IPRO	120	7,9	Indeterminado	9,96	173	98
DM 80I79 IPRO	120	8,0	Indeterminado	10,46	184	94

<sup>1</sup> Ciclo médio, em dias, da emergência ao ponto de colheita. GMR: Grupo de maturidade relativa.

As sementes foram previamente desinfecionadas, por imersão durante 5 minutos, em solução de hipoclorito de sódio, contendo cloro ativo a 1% (v:v). Em seguida procedeu-se à lavagem em água corrente e, posteriormente, as sementes foram colocadas para secar a sombra, acondicionadas em embalagem de papel kraft e armazenadas por 30 dias em condições de laboratório até serem utilizadas neste estudo.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, e os tratamentos foram dispostos no esquema fatorial 4 × 5, com quatro repetições. Os tratamentos foram representados pelo uso de quatro cultivares de soja (DM 73I75 IPRO, DM 75I74 IPRO,

DM 79I81 IPRO e DM 80I79 IPRO) e da aplicação de quatro doses de inoculante contendo *Bradyrhizobium* spp. no sulco de semeadura (150, 300, 600 e 1200 mL ha<sup>-1</sup> de inoculante). As doses de inoculante utilizadas neste estudo foram aplicadas com base na dose recomendada para a aplicação no sulco de semeadura que é de 300 mL ha<sup>-1</sup>. Portanto, neste estudo as doses de inoculante utilizadas corresponderam à metade da dose recomendada (½ Dose), à dose recomendada (1x Dose), duas vezes a dose recomendada (2x Dose) e quatro vezes a dose recomendada (4x Dose). Foi utilizado um tratamento controle com o uso da inoculação padrão no tratamento de sementes na dosagem de 1 mL para cada 5.000 sementes como recomendado pela empresa fabricante do inoculante para a cultura da soja (ou seja, dose mínima de 20 mL para 100 mil sementes). Cada unidade experimental foi composta por 100 sementes, totalizando 400 sementes por tratamento.

A inoculação das sementes com *Bradyrhizobium* spp. foi realizada com a utilização do inoculante comercial líquido Rhizotrop 2<sup>®</sup> (Biotrop: Soluções em Tecnologia Biológica) contendo as estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* [CPAC-15 (=SEMIA 5079)] e as estirpes de *Bradyrhizobium diazoefficiens* [CPAC-7 (=SEMIA 5080)] com concentração mínima de 7,0 x 10<sup>12</sup> unidades formadoras de colônias por litro (UFC/L).

Para a implantação do experimento, quatro subamostras de 100 sementes foram semeadas em bandejas plásticas (42 × 28 × 6 cm) contendo areia grossa lavada, na profundidade de 3,0 cm. Após a semeadura, o substrato de germinação (areia) foi umedecido com água destilada até atingir 80% da capacidade de retenção de água. Em seguida, as bandejas foram mantidas em condições de laboratório por um período de 12 dias. Durante a condução do experimento, a temperatura mínima e máxima do ar foi de 16,8 e 27,4 °C, respectivamente.

A emergência das plântulas de soja foi avaliada diariamente, e, com os valores contabilizados, foram calculados o índice de velocidade de emergência (IVE) e o tempo médio de emergência (TME). O índice de velocidade de emergência foi calculado utilizando-se a Equação 1 proposta por Maguire (1962):

$$\text{IVE} = (P_1/N_1) + (P_2/N_2) + (P_3/N_3) + \dots + (P_N/N_N) \quad [\text{Eq. 1}]$$

sendo que IVE = índice de velocidade de emergência (plântulas por dia); P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, ..., P<sub>N</sub> = número de plântulas computadas na primeira, segunda, terceira e última contagem; e, N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>, ..., N<sub>N</sub> = número de dias da semeadura à primeira, segunda, terceira e última contagem.

O tempo médio de emergência foi calculado por meio da Equação 2 como proposto por Labouriau (1983):

$$TME = \Sigma (NiTi) / \Sigma Ni \quad [\text{Eq. 2}]$$

sendo que TME = tempo médio de emergência (dias);  $Ni$  = número de plântulas computadas em cada contagem; e,  $Ti$  = tempo decorrido entre o início da emergência e a  $i$ -ésima contagem.

Aos 12 dias após a semeadura, 20 plântulas por repetição foram escolhidas aleatoriamente para a determinação do comprimento e da matéria seca da parte aérea e das raízes. O comprimento da parte aérea (CPA) e das raízes (CR) foram mensurados com auxílio de uma régua graduada em milímetros. As plântulas foram, então, separadas em parte aérea e raízes, acondicionadas em sacos de papel tipo Kraft e levadas para estufa de circulação forçada de ar à 85 °C por 48 horas até a obtenção da massa constante. A determinação da matéria seca parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) foi realizada em balança analítica com precisão de 0,0001 g.

Os dados foram previamente testados para verificação das hipóteses estatísticas de homoscedasticidade das variâncias (Teste de Levene;  $p > 0,05$ ) e de normalidade dos resíduos (teste de Shapiro-Wilk;  $p > 0,05$ ) por meio do software estatístico Action Stat Pro<sup>®</sup> versão 3.6 para Windows (Estatcamp – Consultoria Estatística e Qualidade, Campinas, SP). Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância seguindo o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial  $4 \times 5$ , aplicando-se o teste F de Fisher-Snedecor ao nível de 5% de probabilidade. As médias dos cultivares de soja e dos tratamentos de inoculação foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software Sisvar<sup>®</sup> versão 5.6 para Windows (FERREIRA, 2011). Os gráficos foram elaborados por meio do pacote estatístico do Microsoft Office Excel<sup>®</sup> 2022 (Microsoft Office 365TM).

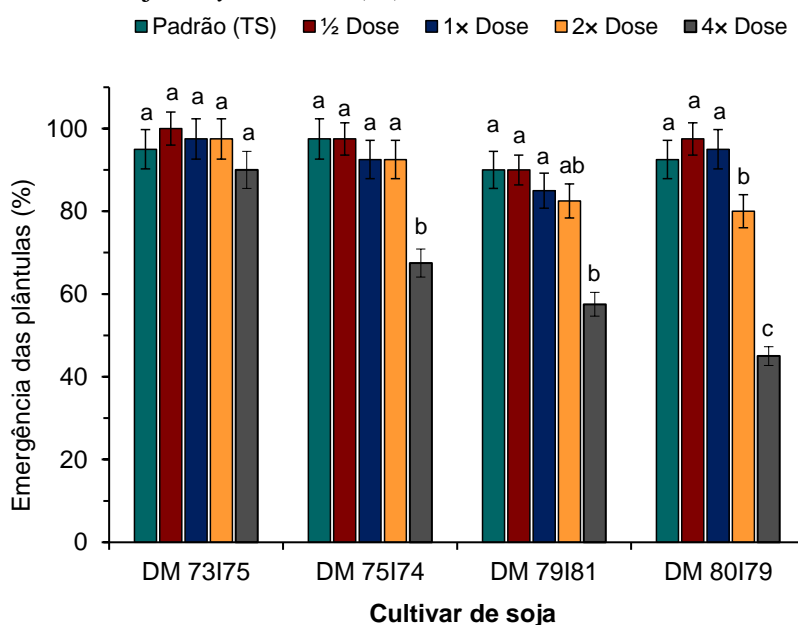
### Resultados e Discussão

A emergência das plântulas de soja foi influenciada significativamente ( $p < 0,05$ ) pela aplicação de inoculante contendo *Bradyrhizobium* spp. no tratamentos das sementes e no sulco de semeadura para a maioria das cultivares de soja (Figura 1). A porcentagem de emergência das plântulas de soja das cultivares DM 75I74 IPRO e DM 79I81 IPRO foi semelhante até a aplicação de duas vezes a dose de inoculante recomendada (2x Dose). Para a cultivar DM 80I79 IPRO a aplicação de inoculante equivalente à duas vezes a dose



recomendada (2x Dose) resultou na menor porcentagem de emergência das plântulas quando comparado a aplicação de inoculante no tratamento das sementes e a aplicação da metade da dose recomendada ( $\frac{1}{2}$  Dose) e a dose recomendada (1x Dose) no sulco de semeadura.

**Figura 1** - Efeito da aplicação de inoculante contendo *Bradyrhizobium* spp. no tratamento das sementes (método padrão) em comparação as doses de inoculante aplicadas no sulco de semeadura sobre a porcentagem de emergência das plântulas das quatro cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill.].



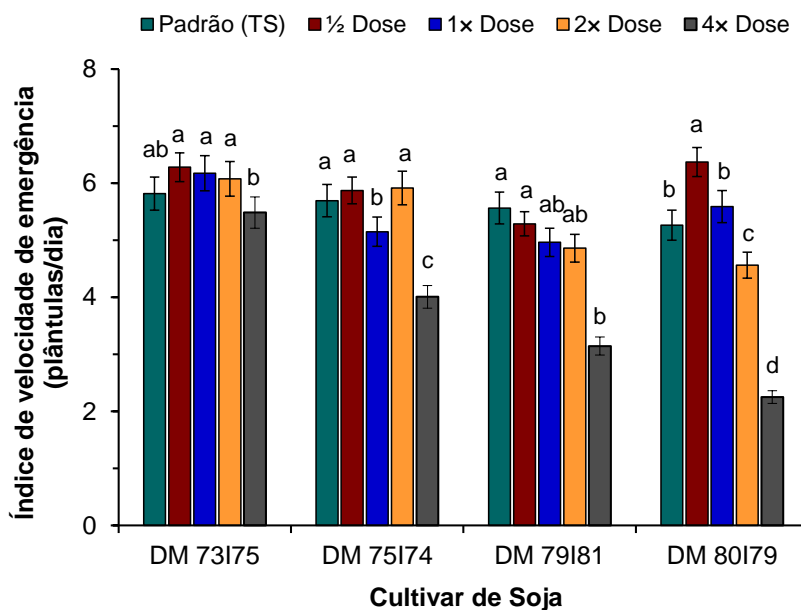
Barra seguida de letras minúscula distintas para os tratamentos de inoculação mostram diferenças significativas (Teste de Tukey;  $p < 0,05$ ). As barras representam o valor médio ( $N = 100$ )  $\pm$  erro padrão da média.

A aplicação de inoculante equivalente a quatro vezes a dose recomendada (4x Dose) resultou na menor porcentagem de emergência das plântulas para todas as cultivares de soja, exceto para DM 73I75 IPRO (Figura 5). Estes resultados evidenciam que a aplicação de altas doses de inoculantes contendo estirpes de *Bradyrhizobium* spp. no sulco de semeadura pode comprometer o processo de emergência das plântulas e resultar no menor estande de plantas no campo. Resultados contrários foram reportados por Viera et al. (2008), os quais constataram que as doses de inoculante aplicadas nas sementes de soja não interferiram no estabelecimento das plantas no campo e na produtividade da cultura. Estes autores atribuíram a falta de interferência da aplicação de altas doses de inoculante à presença de elevada população de bactérias nativas no solo em decorrência das aplicações anuais de inoculantes nos cultivos de soja anteriores.

O índice de velocidade de emergência das plântulas de soja foi influenciado significativamente ( $p < 0,05$ ) pela aplicação de inoculante contendo *Bradyrhizobium* spp. no tratamento das sementes e no sulco de semeadura para todas as cultivares de soja (Figura 2).

O índice de emergência das plântulas de soja das cultivares DM 73I75 IPRO e DM 79I81 IPRO foi semelhante até a aplicação de inoculante equivalente à duas vezes a dose recomendada (2x Dose). Para a cultivar de soja DM 75I74 IPRO, o maior índice de velocidade de emergência foi obtido com a aplicação de inoculante equivalente à metade da dose recomendada (½ Dose), duas vezes a dose recomendada (2x Dose) e aplicação no tratamento das sementes, seguido pela aplicação da dose recomendada (1x Dose), ao passo que o menor índice de velocidade de emergência foi obtido com a aplicação de inoculante equivalente à quatro vezes a dose recomendada (4x Dose). Para a cultivar de soja DM 80I79 IPRO o aumento da dose de inoculante contendo *Bradyrhizobium* spp. no sulco de semeadura resultou na redução progressiva do índice de velocidade de emergência das plântulas de soja (Figura 2).

**Figura 2** - Efeito da aplicação de inoculante contendo *Bradyrhizobium* spp. no tratamento das sementes (método padrão) em comparação as doses de inoculante aplicadas no sulco de semeadura sobre o índice de velocidade de emergência das plântulas das quatro cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill.].



Barra seguida de letras minúscula distintas para os tratamentos de inoculação mostram diferenças significativas (Teste de Tukey;  $p < 0,05$ ). As barras representam o valor médio ( $N = 100$ )  $\pm$  erro padrão da média.

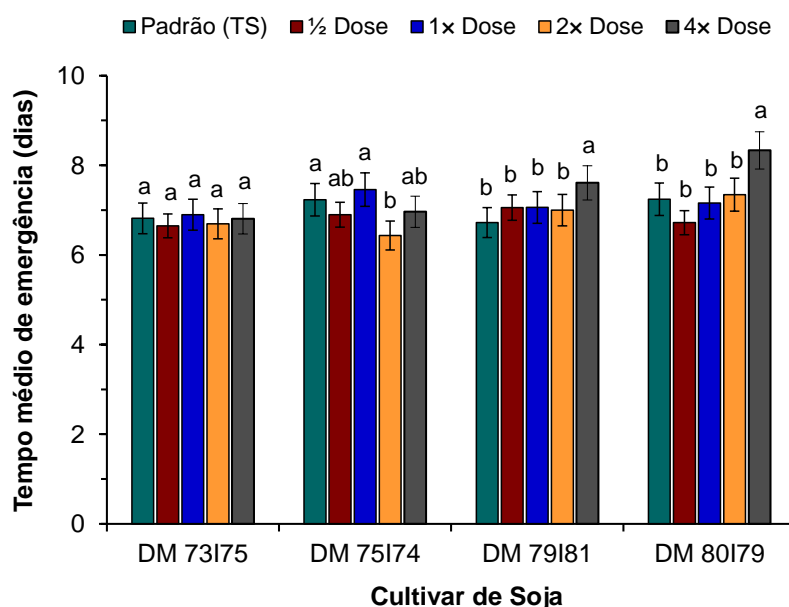
A aplicação de inoculante equivalente à quatro vezes a dose recomendada (4x Dose) resultou no menor índice de velocidade de emergência para todas as cultivares de soja (Figura 2). Estes resultados demonstram que a aplicação de elevadas doses de inoculante resulta na menor velocidade de emergência das plântulas. Venegas e Scudeler (2011) verificaram menor valor para o índice de velocidade de emergência das plântulas de feijão inoculadas com



estirpes de *Rhizobium tropici* e *Trichoderma harzianum* via tratamento de sementes. Estes autores atribuíram esta menor velocidade de emergência das plântulas à possível incompatibilidade dos inoculantes utilizados.

O tempo médio de emergência das plântulas de soja foi influenciado significativamente ( $p < 0,05$ ) pela aplicação de inoculante contendo *Bradyrhizobium* spp. no tratamento das sementes e no sulco de semeadura para a maioria das cultivares de soja (Figura 3). O tempo médio de emergência das plântulas de soja da cultivar DM 73I75 IPRO não foi afetado significativamente pelas doses de inoculantes aplicadas no sulco de semeadura ou no tratamento das sementes. Resultados semelhantes foram verificados por Bulegon et al. (2014), os quais observaram que a inoculação das sementes de soja com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* não interferiu no desenvolvimento inicial das plântulas.

**Figura 3** - Efeito da aplicação de inoculante contendo *Bradyrhizobium* spp. no tratamento das sementes (método padrão) em comparação as doses de inoculante aplicadas no sulco de semeadura sobre o tempo médio de emergência das plântulas das quatro cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill.].



Barra seguida de letras minúscula distintas para os tratamentos de inoculação mostram diferenças significativas (Teste de Tukey;  $p < 0,05$ ). As barras representam o valor médio ( $N = 100$ )  $\pm$  erro padrão da média.

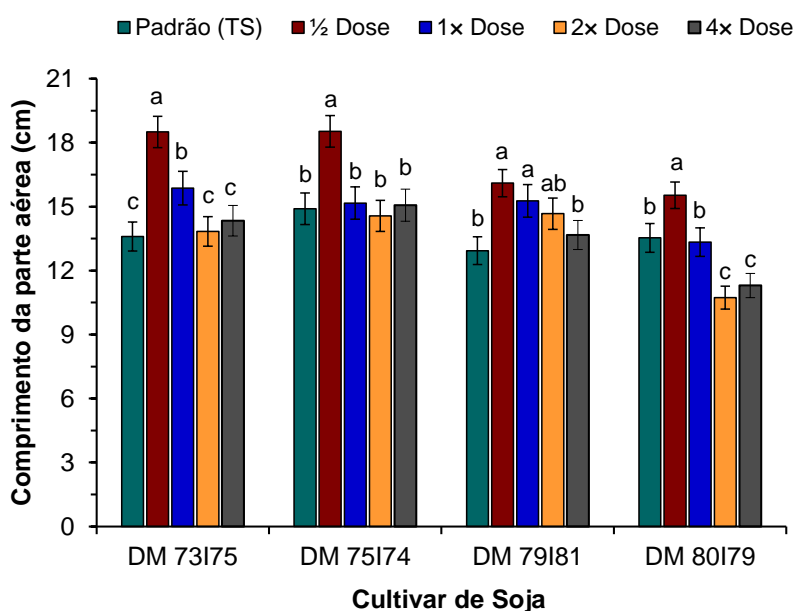
Para as cultivares de soja DM 79I81 IPRO e DM 80I79 IPRO, o tempo médio de emergência das plântulas foi significativamente maior para a aplicação de inoculante equivalente à quatro vezes a dose recomendada (4x Dose) (Figura 2).

O tempo médio de emergência está frequentemente relacionado com o vigor das sementes, sendo que sementes de alto vigor possuem aumento no número de plântulas emergidas por dia, e esta emergência ocorre em menor período de tempo (LEITE et al., 2018).

Conforme Henning et al. (2010), sementes com alto vigor possuem maior quantidade de substâncias de reserva, tais como proteínas, e esse maior acúmulo de reserva proporciona melhor desempenho inicial das plântulas.

O comprimento da parte aérea das plântulas foi afetado significativamente ( $p < 0,05$ ) pela aplicação de inoculante contendo *Bradyrhizobium* spp. nos tratamentos das sementes e no sulco de semeadura para todas as cultivares de soja (Figura 4).

**Figura 4** - Efeito da aplicação de inoculante contendo *Bradyrhizobium* spp. no tratamento das sementes (método padrão) em comparação as doses de inoculante aplicadas no sulco de semeadura sobre o comprimento da parte aérea das plântulas das cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill.].



Barra seguida de letras minúscula distintas para os tratamentos de inoculação mostram diferenças significativas (Teste de Tukey;  $p < 0,05$ ). As barras representam o valor médio ( $N = 100$ )  $\pm$  erro padrão da média.

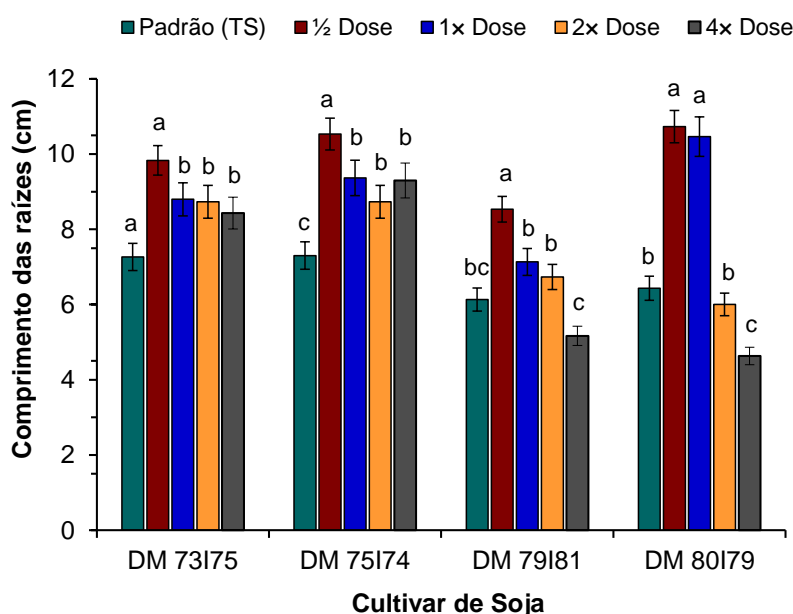
O comprimento da parte aérea das plântulas das cultivares de soja DM 73I75 IPRO, DM 75I74 IPRO e DM 80I79 IPRO foi significativamente maior com a aplicação de inoculante equivalente à metade da dose recomendada (½ Dose) quando comparado às demais doses aplicadas no sulco de semeadura ou no tratamento das sementes. Para a cultivar DM 79I81 IPRO, o comprimento da parte aérea das plântulas foi semelhante até a aplicação de inoculante equivalente à duas vezes a dose recomendada (2x Dose) (Figura 4).

A aplicação de altas doses de inoculante contendo *Bradyrhizobium* spp. resultou no menor comprimento da parte aérea para as plântulas de todas as cultivares de soja (Figura 4).

Estes resultados evidenciam que a utilização de altas doses de inoculante no sulco de semeadura pode inibir o crescimento das plântulas de soja.

O comprimento das raízes das plântulas foi afetado significativamente ( $p < 0,05$ ) pela aplicação de inoculante contendo *Bradyrhizobium* spp. no tratamento das sementes e no sulco de semeadura para todas as cultivares de soja (Figura 5). O comprimento das raízes das cultivares de soja DM 73I75 IPRO, DM 75I74 IPRO e DM 79I81 IPRO foi significativamente maior com a aplicação de inoculante equivalente à metade da dose recomendada ( $\frac{1}{2}$  Dose) quando comparado às demais doses aplicadas no sulco de semeadura ou no tratamento das sementes. Para a cultivar DM 80I79 IPRO o comprimento das raízes das plântulas foi semelhante até a aplicação de inoculante equivalente à dose recomendada (1x Dose) (Figura 5).

**Figura 5** - Efeito da aplicação de inoculante contendo *Bradyrhizobium* spp. no tratamento das sementes (método padrão) em comparação as doses de inoculante aplicadas no sulco de semeadura sobre o comprimento das raízes das plântulas das quatro cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill.].



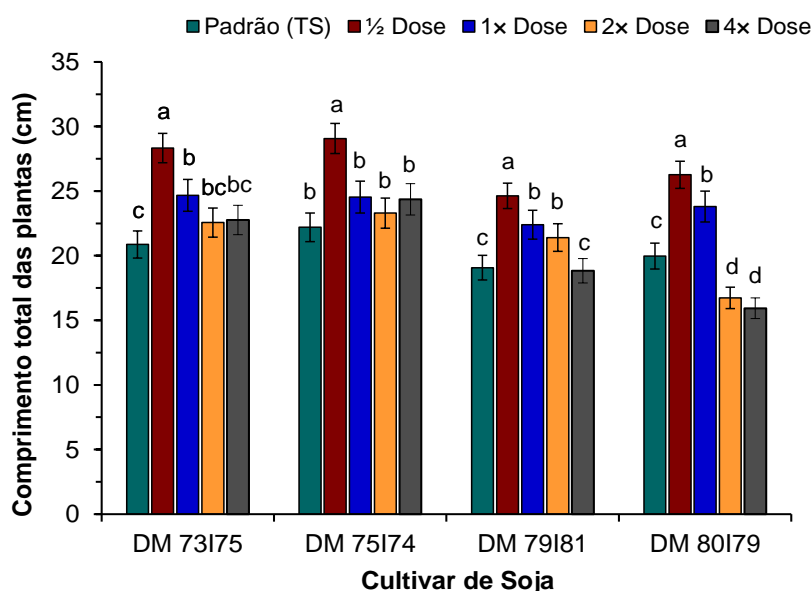
Barra seguida de letras minúscula distintas para os tratamentos de inoculação mostram diferenças significativas (Teste de Tukey;  $p < 0,05$ ). As barras representam o valor médio ( $N = 100$ )  $\pm$  erro padrão da média.

Segundo Bulegon *et al.* (2014), a aplicação de doses de inoculante pode interferir no comprimento das raízes e, conseqüentemente, na formação dos nódulos radiculares, uma vez que estes produtos comerciais possuem elevada quantidade de bactérias fixadoras de nitrogênio. Neste estudo, observa-se que a utilização de altas doses de inoculante contendo

*Bradyrhizobium* spp. pode comprometer o crescimento do sistema radicular das plântulas de soja, especialmente das cultivares DM 79I81 IPRO e DM 80I79 IPRO (Figura 5).

O comprimento total das plântulas de soja foi afetado significativamente ( $p < 0,05$ ) pela aplicação de inoculante contendo *Bradyrhizobium* spp. no tratamento das sementes e no sulco de semeadura para todas as cultivares de soja (Figura 6). Para todas as cultivares de soja, o comprimento total das plântulas foi significativamente maior com a aplicação de inoculante equivalente à metade da dose recomendada (½ Dose), sendo que o aumento das doses de inoculante resultou no menor comprimento total das plântulas (Figura 6).

**Figura 6** - Efeito da aplicação de inoculante contendo *Bradyrhizobium* spp. no tratamento das sementes (método padrão) em comparação as doses de inoculante aplicadas no sulco de semeadura sobre o comprimento total das plântulas das quatro cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill.].



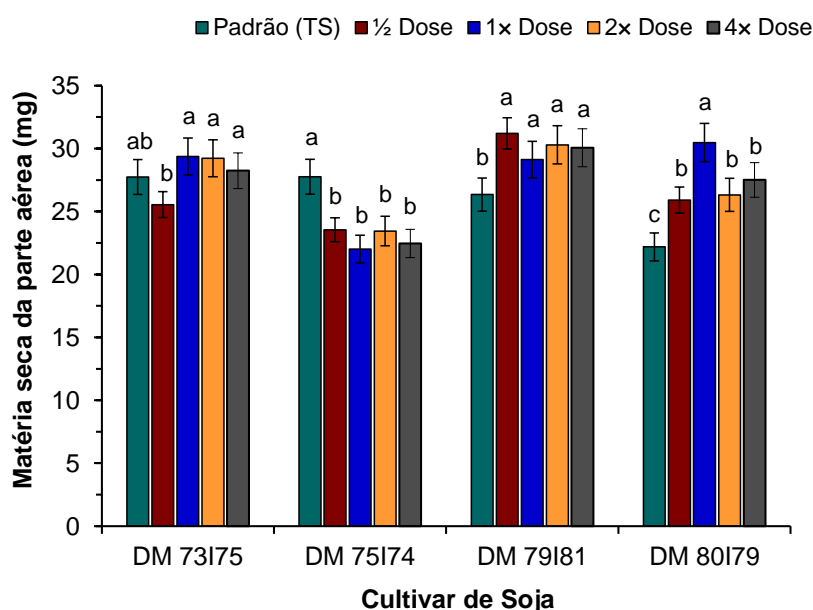
Barra seguida de letras minúscula distintas para os tratamentos de inoculação mostram diferenças significativas (Teste de Tukey;  $p < 0,05$ ). As barras representam o valor médio ( $N = 100$ )  $\pm$  o erro padrão da média.

Resultados contrários foram reportados por Silva et al. (2011), os quais verificaram que a aplicação de doses de inoculante contendo *Bradyrhizobium* spp. não afetou significativamente o comprimento total das plantas. Neste estudo, o aumento das doses de inoculante resultou no menor comprimento total das plântulas de soja. Os efeitos negativos da aplicação de altas doses de inoculante (4x Dose) no sulco de semeadura foram mais evidentes para as plântulas das cultivares de soja DM 79I81 IPRO e DM 80I79 IPRO (Figura 6). Estes resultados indicam que estas cultivares de soja são mais sensíveis a aplicação de altas cargas de bactérias fixadoras de nitrogênio no sulco de semeadura.

A matéria seca da parte aérea das plântulas de soja foi afetada significativamente ( $p < 0,05$ ) pela aplicação de inoculante contendo *Bradyrhizobium* spp. no tratamento das sementes e no sulco de semeadura para todas as cultivares de soja (Figura 7). A matéria seca da parte aérea das cultivares DM 75I74 I PRO e DM 79I81 I PRO não foi afetado significativamente ( $p > 0,05$ ) pelas doses de inoculante aplicadas no sulco de semeadura.

Para a cultivar DM 73I75 I PRO, o maior acúmulo de matéria seca da parte aérea foi obtido com a aplicação das doses equivalentes à dose recomendada (1x Dose), duas vezes a dose recomendada (2x Dose) e quatro vezes a dose recomendada (4x Dose). Por sua vez, a cultivar de soja DM 80I79 I PRO apresentou maior acúmulo de matéria seca da parte área com a aplicação de inoculante equivalente a dose recomendada (1x Dose) quando comparado as demais doses de inoculantes aplicadas no sulco de semeadura (Figura 7).

**Figura 7** - Efeito da aplicação de inoculante contendo *Bradyrhizobium* spp. no tratamento das sementes (método padrão) em comparação as doses de inoculante aplicadas no sulco de semeadura sobre a matéria seca da parte aérea das plântulas das quatro cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill.].

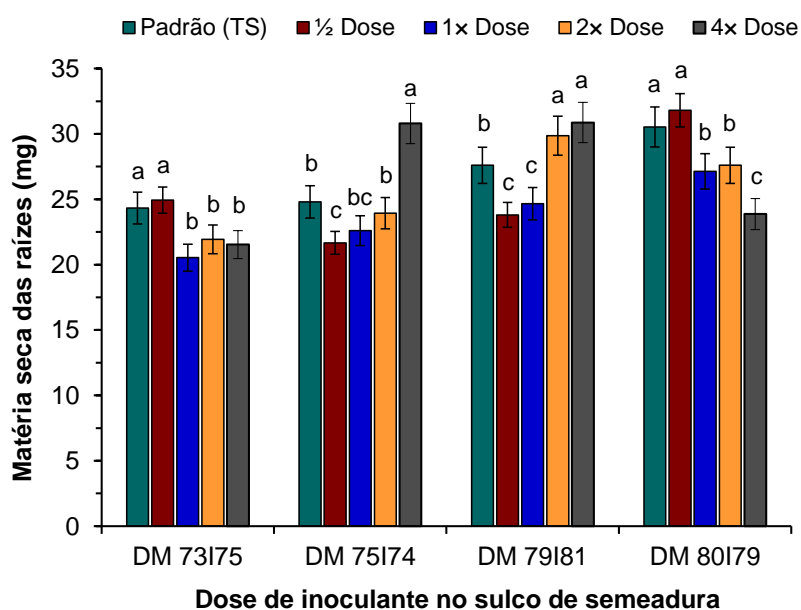


Barra seguida de letras minúscula distintas para os tratamentos de inoculação mostram diferenças significativas (Teste de Tukey;  $p < 0,05$ ). As barras representam o valor médio ( $N = 100$ )  $\pm$  erro padrão da média.

Avaliando a aplicação de doses de inoculante no tratamento das sementes de cultivares de soja, Pereira *et al.* (2016) verificaram que o aumento das doses de inoculante resultou no aumento da produção de matéria seca da parte aérea das plântulas. Estes autores reportaram que o maior acúmulo de matéria seca da parte aérea das plantas pode ser obtido com a aplicação da maior dosagem de inoculante (600 mL para cada 50 kg de semente).

A matéria seca das raízes das plântulas de soja foi afetado significativamente ( $p < 0,05$ ) pela aplicação de inoculante contendo *Bradyrhizobium* spp. no tratamento das sementes e no sulco de semeadura para todas as cultivares de soja (Figura 8). O acúmulo de matéria seca das raízes das cultivares de soja DM 73I75 IPRO e DM 80I79 IPRO foi significativamente maior com a aplicação da dose equivalente à metade da dose recomendada ( $\frac{1}{2}$  Dose). Para a cultivar de soja DM 75I74 IPRO, a aplicação de inoculante equivalente à quatro vezes a dose recomendada (4x Dose) resultou no maior acúmulo de matéria seca das raízes quando comparado às demais doses de inoculantes aplicadas no sulco de semeadura. Por sua vez, para a cultivar de soja DM 79I81 IPRO, o maior acúmulo de matéria seca das raízes foi obtido com a aplicação de doses equivalentes à duas (2x Dose) e quatro (4x Dose) vezes a dose recomendada (Figura 8).

**Figura 8** - Efeito da aplicação de inoculante contendo *Bradyrhizobium* spp. no tratamento das sementes (método padrão) em comparação as doses de inoculante aplicadas no sulco de semeadura sobre a matéria seca das raízes das plântulas das quatro cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill.].



Barra seguida de letras minúscula distintas para os tratamentos de inoculação mostram diferenças significativas (Teste de Tukey;  $p < 0,05$ ). As barras representam o valor médio ( $N = 100$ )  $\pm$  o erro padrão da média.

Estes resultados evidenciam que a aplicação de altas doses de inoculante contendo *Bradyrhizobium* spp. resultou no maior acúmulo de matéria seca das raízes das cultivares de soja DM 75I74 IPRO e DM 79I81 IPRO, ao passo que o acúmulo de matéria seca das raízes das cultivares DM 73I75 IPRO e DM 80I79 IPRO foi reduzido com a aplicação de altas doses de inoculante no sulco de semeadura (Figura 8). Portanto, a resposta do crescimento das raízes à aplicação de altas doses de inoculante é dependente a cultivar de soja utilizada.

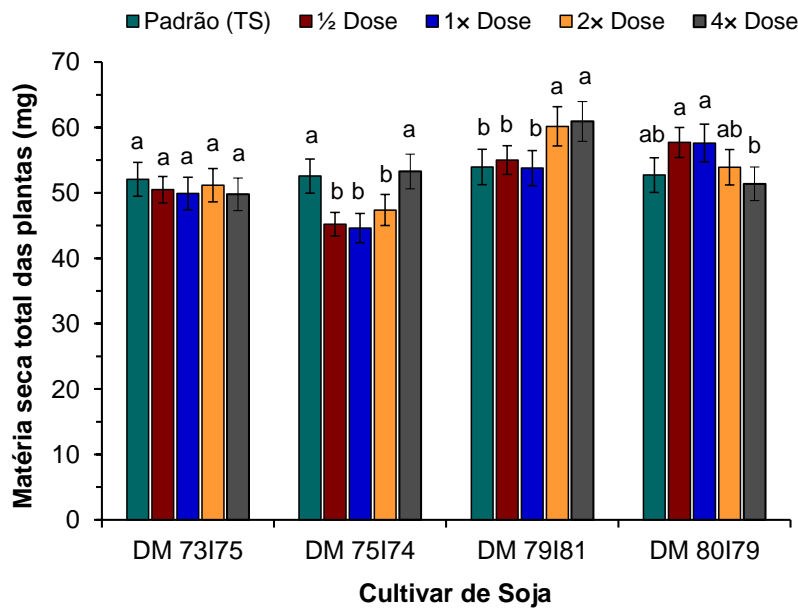
Avaliando o efeito de doses de inoculante no tratamento das sementes, Abe et al. (2018) verificaram que a aplicação de altas doses de inoculante não resultou em efeito significativo no acúmulo de matéria seca das raízes.

O acúmulo de matéria seca total das plântulas foi afetado significativamente ( $p < 0,05$ ) pela aplicação de inoculante contendo *Bradyrhizobium* spp. no tratamento das sementes e no sulco de semeadura para a maioria das cultivares de soja (Figura 9). O acúmulo de matéria seca total das plântulas da cultivar DM 73I75 I PRO não foi afetado significativamente ( $p > 0,05$ ) pelas doses de inoculante aplicadas no sulco de semeadura. Para a cultivar de soja DM 75I74 I PRO, o maior acúmulo de matéria seca total das plântulas foi obtido com a aplicação de inoculante equivalente à quatro vezes a dose recomendada (4x Dose). Para a cultivar DM 79I81 I PRO, o maior acúmulo de matéria seca total das plântulas foi obtido com a aplicação de inoculante equivalente à duas (2x Dose) e quatro (4x Dose) vezes a dose recomendada. Por sua vez, para a cultivar DM 80I79 I PRO a aplicação de inoculante equivalente à quatro vezes a dose recomendada (4x Dose) resultou no menor acúmulo de matéria seca total das plântulas quando comparado as demais doses de inoculante (Figura 9).

A aplicação de inoculante diretamente sobre as sementes distribuídas no sulco de plantio pode viabilizar e melhorar o rendimento operacional do processo de semeadura da cultura da soja, tornando a operação de plantio mais prática e eficiente. Hungria et al. (2007) reportaram que a inoculação no sulco de semeadura melhora a eficiência e a formação dos nódulos radiculares das plantas de soja quando comparado a aplicação de inoculante no tratamento das sementes. Isso ocorre porque o tratamento prévio das sementes com fungicidas reduz a eficiência do inoculante em até 80%. No entanto, novos estudos devem ser realizados para avaliar a eficiência da aplicação de altas doses de inoculante no sulco de semeadura em outras cultivares de soja.

**Figura 9** - Efeito da aplicação de inoculante contendo *Bradyrhizobium* spp. no tratamento das sementes (método padrão) em comparação as doses de inoculante aplicadas no sulco de semeadura sobre o acúmulo de matéria seca total das plântulas das quatro cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill.].





Barra seguida de letras minúscula distintas para os tratamentos de inoculação mostram diferenças significativas (Teste de Tukey;  $p < 0,05$ ). As barras representam o valor médio ( $N = 20$ )  $\pm$  o erro padrão da média.

### Conclusões

A utilização de inoculante contendo estirpes de *Bradyrhizobium* spp. na dosagem equivalente à quatro vezes a dose recomendada ( $1200 \text{ mL ha}^{-1}$ ) para a aplicação no sulco de semeadura comprometeu o processo de emergência das plântulas de soja. No entanto, a cultivar DM 73I75 IPRO teve menor impacto da aplicação de altas doses de inoculantes sobre a porcentagem de emergência e velocidade de emergência das plântulas.

A aplicação de altas doses de inoculante contendo *Bradyrhizobium* spp. no sulco de semeadura inibiu o crescimento inicial das plântulas da maioria das cultivares de soja, sendo, portanto, inviável a utilização de altas doses de inoculante.

### Referências

BULEGON, L. G.; KLEIN, J.; RAMPIM, L.; GUIMARÃES, V. F.; BATTISTUS, A. G.; KESTRING, D. Desenvolvimento inicial de plântulas de soja inoculadas e co-inoculadas com *Azospirillum brasilense* e *Bradyrhizobium japonicum*. **Journal of Agronomic Sciences**, v.3, n.1, p.26-37, 2014.

CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. Protocolo para análise da qualidade e da eficiência agrônômica de inoculantes, estirpes e outras tecnologias relacionadas ao processo de fixação biológica do nitrogênio em leguminosas. In: REUNIÃO DA REDE DE LABORATÓRIOS

PARA RECOMENDAÇÃO, PADRONIZAÇÃO E DIFUSÃO DE TECNOLOGIAS DE INOCULANTES DE INTERESSE AGRÍCOLA, 13., 2006, Londrina-PR. **Anais [...]** Londrina: Embrapa Soja, 2007. p.89-123.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**: sexto levantamento, outubro, 2021. Brasília: CONAB, 2021. Disponível em <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 31Jan. 2022.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja: Região Central do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2011.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

HENNING, F. A.; MERTZ, L. M.; JACOB JUNIOR, E. A.; MACHADO, R. D.; FISS, G.; ZIMMER, P. D. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 727-734, 2010.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica de nitrogênio para a cultura da soja: Componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. Londrina, Embrapa Soja, 2007. 80p. (Documentos, 283).

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; CAMPO, R. J.; CRISPINO, C. C.; MORAES, J. Z.; SIBALDELLI, R. N.; ARIHARA, J. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: contributions of biological N<sub>2</sub> fixation and N fertilizer to grain yield. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 86, n. 4, p. 927-939, 2006.

LABOURIAU, L.G. A germinação de sementes in Washington: **Organização dos Estados Americanos**. p. 174, 1983.

LEITE, C. A. M.; BARBOSA, C. A. C.; SANTOS, E. D.; SORIANI, R. CHAGAS, T. L. K. Índice de velocidade de emergência de genótipos de soja sob influência do vigor e inoculação em solo argiloso e areia comercial. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 34, n. 1, p. 244-253, 2018.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n. 2, p.176-177, 1962.

PEREIRA, C. S.; BUOSI, I. B.; ZONTA, L. H.; LANGE. A.; FIRORINI, I. V. Doses de inoculante *Bradyrhizobium japonicum* em três cultivares de soja no Norte de Mato Grosso. **Global Science and Technology**, v.9, n.1, p.56-67, 2016.

SEDIYAMA, T. **Produtividade da soja**. Londrina: Mecenias, p.310, 2016.

SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja**: do plantio à colheita. Viçosa: UFV, p.333,

2015.

SILVA, A. F.; CARVALHO, M. A. C.; SCHONIGER, E.; MONTEIRO, S.; CAIONE, G.; SANTOS, P. A. Doses de inoculante e nitrogênio na semeadura da soja em área de primeiro cultivo. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 3, p. 404-412, 2011.

VENEGAS, F.; SCUDELER, F. Compatibilidade de diferentes cepas de *Rhizobium tropici* com o fungo *Trichoderma harzianum* no tratamento de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ensaios e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v.15, n.5, p.19-30, 2011.

VIEIRA NETO, S. A.; PIRES, F. R.; MENEZES, C. C. E.; MENEZES, J. F. S.; SILVA, A. G.; SILVA, G. P.; ASSIS, R. L. Formas de aplicação de inoculante e seus efeitos sobre a nodulação da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.861-870, 2008.

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).

ZUFFO, A. M. **Aplicações de *Azospirillum brasilense* na cultura da soja**. 2016. 101f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

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.

ZUFFO, A. M.; STEINER, F.; BUSCH, A.; ZOZ, T. Response of early soybean cultivars to nitrogen fertilization associated with *Bradyrhizobium japonicum* inoculation. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n.4, p. 436-446, 2018.

ZUFFO, A.M.; AGUILERA, J.G.; RATKE, R.F.; STEINER, F.; OLIVEIRA, A.M.; FONSECA, W.L. Análise de trilha em soja submetida a fontes e doses de nitrogênio inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* em solos com diferentes níveis de fertilidade. **Research, Society and Development**, v. 9, e203973813, 2020.

ZUFFO, A.M.; STEINER, F.; BUSCH, A.; SANTOS, D.M.S. Adubação nitrogenada na soja inibe a nodulação e não melhora o crescimento inicial das plantas. **Revista de Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n.2, p. 333-349, 2019.