

EFEITO DE DICLOROISOCIANURATO DE SÓDIO SOBRE O DESENVOLVIMENTO E NODULAÇÃO DA SOJA

Rony Kauling Tonelli¹; Maíra Tiaki Higuchi ^{*2}; Ciro Hideki Sumida¹; Rodrigo Yudi Palhaci Marubayashi¹; Gabriel Danilo Shimizu ¹.

¹Universidade Estadual de Londrina, Rodovia Celso Garcia Cid, Km 380, s/n - Campus Universitário, Londrina - PR, 86057-970; ²Instituto Agrônômico do Paraná, Rod. Celso Garcia Cid, 375 - Conj. Ernani Moura Lima II, Londrina - PR, 86047-902.

RESUMO

Dentre as doenças da cultura da soja, o mofo branco vem se destacando cada vez mais por causar redução na produtividade da soja e apresentar difícil controle. Alguns produtos vêm sendo utilizados, entre eles, a aplicação foliar de dicloroisocianurato de sódio (NaDCC). No entanto, o NaDCC pode também afetar outros microrganismos essenciais a microbiota do solo, devido as propriedades fungicidas e bactericidas, podendo afetar na formação de nódulos em raízes de soja. Portanto, o trabalho teve como objetivo verificar a influência da aplicação de NaDCC no desenvolvimento e na formação de nódulos em diferentes fases fenológicas da soja. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, em delineamento inteiramente casualizado, composto por cinco repetições e cinco tratamentos, sendo quatro épocas de aplicação de NaDCC (semeadura, V1+15 dias, V3+15 dias, R1+15 dias) e a testemunha. As aplicações foram realizadas com auxílio de um pulverizador costal elétrico com capacidade de 20 L de calda, simulando uma aplicação em campo, submetida a um volume de calda equivalente a 400 L.ha⁻¹. As avaliações foram realizadas no estádio R3, analisando o número de nódulos, o número de sementes, a massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da raiz (MSR), massa fresca da raiz (MFR), massa seca total dos nódulos (MSTN) e massa fresca total dos nódulos (MSTN). Os piores resultados para MFPA e MSPA foram obtidos com a aplicação do produto no estádio vegetativo, ou seja, em V1+15 dias e V3+15 dias, com perda de 41,12 e 39,35% para MFPA, e perda de 43,59 e 44,43% para MSPA em relação ao tratamento de maior média. Não foi observada diferença significativa para a MFR, contudo, para MSR a testemunha e a semeadura apresentaram os melhores resultados, o mesmo comportamento foi observado nas variáveis MFTN, MSTN, NTN e NTS, entretanto, nas duas últimas a aplicação em R1+15 dias não diferiu dos melhores resultados. A aplicação de NaDCC na semeadura e no florescimento, bem como a testemunha sem aplicação apresentaram melhores resultados na maioria das variáveis estudadas.

Palavras-chave: *Bradyrhizobium elkanii*, fixação biológica de nitrogênio, inoculação.

INTRODUÇÃO

A produção de soja (*Glycine max*) representa uma importante cultura para o agronegócio brasileiro, excepcionalmente a partir da década de 80, tornando-se a leguminosa mais produzida no mundo (Sediyama, 2009). Possui várias utilidades, como a extração de óleo para a alimentação humana, manufatura de vários produtos processados e semi-processados, produção de biodiesel, fabricação de rações, entre outros. Na safra 16/17 a soja obteve produção mundial de 351,3 milhões de toneladas em uma área cultivada de 120,96 milhões de hectares. O Brasil apresenta área cultivada de 33,89 milhões de hectares, com produção de 113,92 milhões de toneladas e produtividade média de 3.362 kg.ha⁻¹, ocupando a posição de segundo maior produtor de soja (CONAB, 2017).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN), através da simbiose da soja com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* foi uma das grandes propulsoras para o cultivo em larga escala dessa cultura no Brasil. Essas bactérias quando em contato com as raízes da soja, infectam via pelos radiculares, formando os nódulos. O nitrogênio (N) é o nutriente requerido em maior quantidade pela cultura da soja. Estima-se que para produzir 1.000 Kg de grãos são necessários aproximadamente 80 Kg de N. Basicamente, as fontes de N para a cultura da soja são os fertilizantes nitrogenados e o N atmosférico que se torna disponível através da FBN (Hungria et al., 2001).

As doenças da cultura da soja são muitas vezes limitantes para a produção, podendo causar severos danos e conseqüentemente a redução da produção. Dentre elas, o mofo branco vem se destacando cada vez mais, por causar muitas perdas e ser de difícil controle. A incidência vem aumentando no Brasil desde a safra de 2008, sendo que na safra de 2016/2017, a área de soja infestada pela doença foi de aproximadamente 23% da área total, compondo aproximadamente 7,7 milhões de hectares que necessitam da adoção de medidas integradas de manejo da doença (Meyer et al., 2016). Seu difícil controle está diretamente ligado aos escleródios, que são estruturas de sobrevivência do fungo, e este pode sobreviver por até 11 anos no solo sem perder seu poder patogênico (Görge et al., 2010).

Alguns produtos vêm sendo utilizados para o controle do mofo branco, dentre eles, dicloroisocianurato de sódio (NaDCC), aplicado na parte aérea da soja, apresentando função preventiva a entrada do patógeno. Atua através da oxi-redução, seguida da destruição do sistema enzimático microbiano (Rocha, 2012). No entanto, o NaDCC pode também afetar outros microrganismos essenciais a microbiota do solo, causando desequilíbrio ao mesmo, já que possui propriedades fungicidas e bactericidas, e sua aplicação não fica restrita a parte aérea, mas também a toda superfície do solo. Conseqüentemente podendo afetar na formação de nódulos em raízes de soja e a fixação biológica do nitrogênio.

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo verificar a influência da aplicação de dicloroisocianurato de sódio no desenvolvimento e na formação de nódulos em diferentes fases fenológicas da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, latitude 23°18'36", longitude 51°09'46" e altitude 610 m. A cultivar de soja semeada foi a BMX Potência RR, pertencente a empresa BRASMAX®,

que possui hábito de crescimento indeterminado, porte alto, peso de mil sementes de 168 g e alto índice de ramificação.

A semeadura foi realizada no dia 22 de janeiro de 2016, em vasos plásticos providos de drenos na sua parte inferior, os quais foram recobertos internamente com jornal para evitar a perda de solo. Foram utilizadas oito sementes por vaso, e no estágio de V1 (17 dias após o plantio), foi realizado o desbaste, deixando quatro plantas.

O volume dos vasos foi de oito litros, e o substrato consistiu em uma mistura de solo de barranco, matéria orgânica e areia, nas proporções de 25%, 25% e 50%, respectivamente. Foi adicionado em cada vaso 1,6 g, equivalente a 400 kg.ha⁻¹ de adubo contendo N, P₂O₅ e K₂O, nas proporções 02-20-18. As plantas foram irrigadas diariamente, e as plantas daninhas foram retiradas manualmente.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, composto por cinco repetições e cinco tratamentos, sendo quatro épocas de aplicação de NaDCC e a testemunha.

As quatro aplicações de NaDCC foram realizadas na semeadura, aos 17 (V1) e 32 dias após a semeadura, aos 27 (V3) e 42 dias após a semeadura e aos 43 (R1) e 58 dias após a semeadura. A dose do produto foi de 400 g.1000 L⁻¹ de calda. As aplicações foram realizadas com auxílio de um pulverizador costal elétrico com capacidade para 20 L de calda, simulando uma aplicação em campo, submetida a um volume de calda equivalente a 400 L.ha⁻¹.

A inoculação de *Bradyrhizobium elkanii* foi realizada por meio de tratamento de sementes, na dosagem de 3,0 mL de inoculante (5.109 ufc/mL de produto formulado) SEMIA 5079, para 1,0 Kg de sementes. Foram adicionados 0,6 mL do inoculante e 200 g de sementes em um saco plástico.

O dicloroisocianurato de sódio é um pó, cujo peso molecular é 256, e contém de 55 a 60% de cloro disponível. Sua fórmula molecular é C₃C₁₂N₃NaO₃, com solubilidade de 25 g de NaDCC / 100 mL de água a 25°C e sua atividade bactericida não é afetada na faixa de pH 6 a 10.

As avaliações foram realizadas no estágio R3, pois a nodulação da soja se inicia durante o estágio V1 de crescimento, aumentando sua massa e número total de nódulos até o estágio R1/R2 quando atinge seu pico, e após, começa a decrescer (Koller et al., 1986).

Foi avaliado o número de nódulos, o número de sementes, a massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da raiz (MSR), massa fresca da raiz (MFR), massa seca total dos nódulos (MSTN) e massa fresca total dos nódulos (MSTN), determinadas com o auxílio de uma balança de precisão. A secagem do material foi realizada em estufa de circulação de ar a 65°C até obtenção da massa constante.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (Anava) e ao teste de Scott-Knott (p<0,05). Os pressupostos de normalidade de distribuição de dados e homogeneidade de variâncias foram testados por Shapiro-Wilk e Bartlett ao nível de significância de 5%. Todas as análises foram processadas utilizando o software R (R Core Team, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias foram atendidos. De acordo com a análise de variância foi observado diferença significativa em todas as variáveis analisadas, exceto para a MFR.

Para a variável MFPA e MSPA, os piores resultados foram obtidos com a aplicação do produto no estágio vegetativo, ou seja, em V1+15 dias e V3+15 dias, com perda de 41,12 e

39,35% para MFPA, e perda de 43,59 e 44,43% para MSPA em relação ao tratamento de maior média (Figura 1). Não foi observada diferença significativa para variável MFR, contudo, para a MSR as melhores respostas foram obtidas na testemunha sem aplicação e na semeadura (Figura 2). Isso pode ser explicado pelo fato de que a soja inicia sua nodulação por volta de V1, quando suas folhas unifolioladas se abrem, porém, a nodulação aumenta de intensidade quando a planta atinge seu terceiro ou quarto trifólio, fazendo com que as aplicações de cloro em tais períodos possam causar prejuízos mais acentuados à planta, quando comparado com aplicações em outras épocas (Koller et al., 1986).

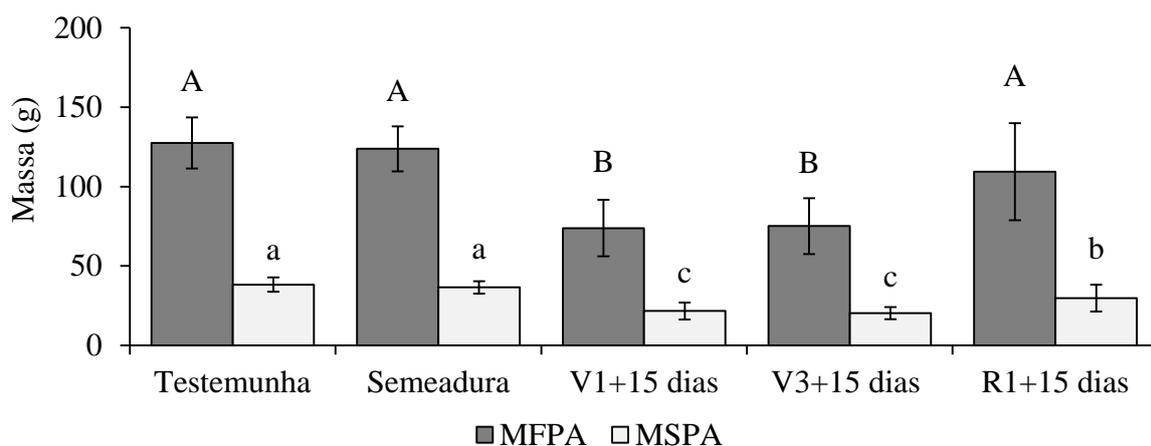


Figura 1 - Massa Fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de soja submetidas à diferentes épocas de aplicação de dicloroisocianurato de sódio. Londrina-Pr, 2016. Letras distintas maiúsculas na variável MFPA e minúsculas na variável MSPA diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). As barras indicam o desvio-padrão amostral.

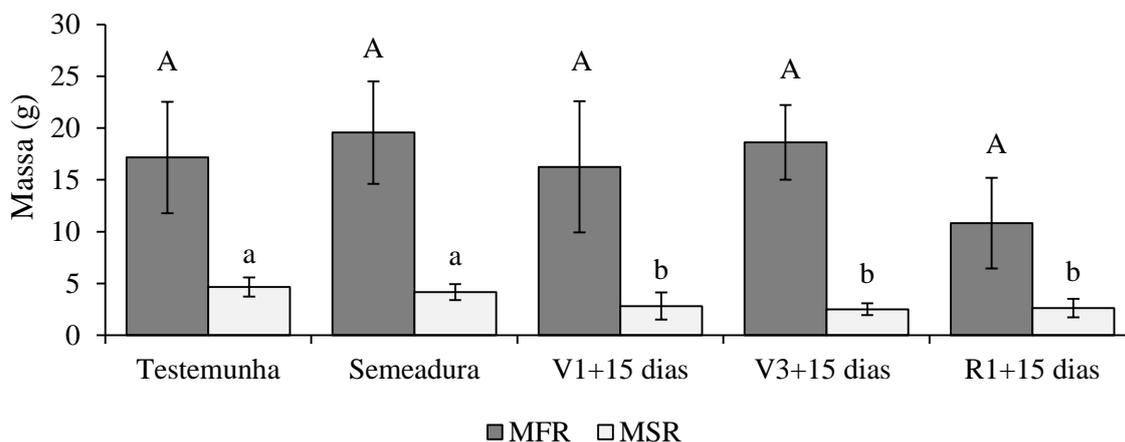


Figura 2 - Massa Fresca da raiz (MFR) e massa seca da raiz (MSR) de plantas de soja submetidas a diferentes épocas de aplicação de dicloroisocianurato de sódio. Londrina-Pr, 2016. Letras distintas maiúsculas na variável MFR e minúsculas na variável MSR diferem pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). As barras indicam o desvio padrão amostral.

Para a MFTN e MSTN as melhores respostas foram obtidas na testemunha sem aplicação e na semeadura, com valores médios de 5,85 e 6,10 g para MFTN e 1,42 e 1,65 g para MSTN (Figura 3). Os mesmos resultados foram obtidos nas variáveis NTN e NTS, em

que a aplicação em R1+15 dias não diferiu dos melhores resultados (Tabela 1). Observa-se que ocorreram reduções acentuadas, provavelmente causadas pelos efeitos bactericidas do dicloroisocianurato de sódio, que em contato direto e imediato com o microrganismo, o elimina e reduz assim dois ciclos logarítmicos de sua população (Beuchat et al., 1998).

Segundo Meyer (1994) o dicloroisocianurato de sódio é menos reativo com a matéria orgânica e mais estável em solução aquosa se comparada com os demais cloros inorgânicos, causando uma liberação de ácido hipocloroso (agente microbicida) mais lenta, e, portanto é mais duradoura, podendo então causar a redução direta na massa e número de nódulos das plantas de soja, o que responderia satisfatoriamente o motivo da redução dos demais fatores analisados.

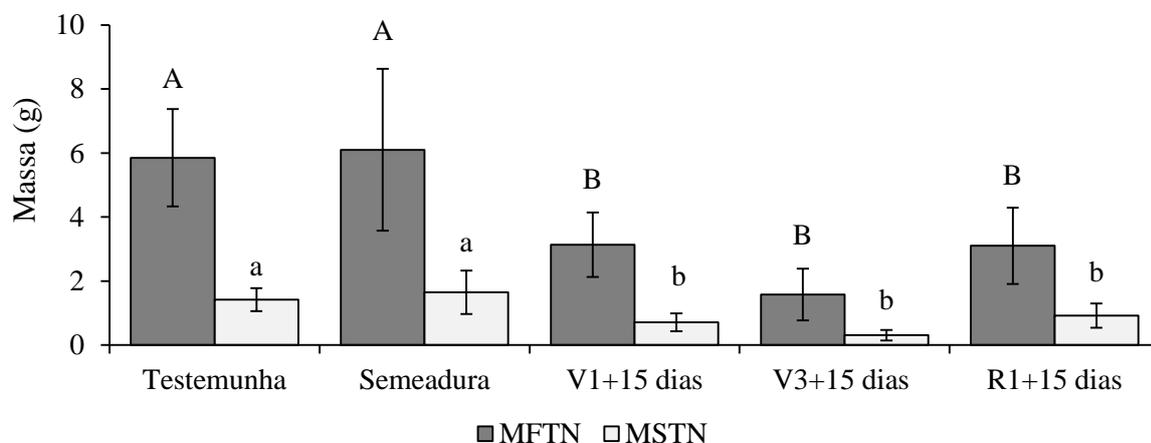


Figura 3 - Massa Fresca total dos nódulos (MFTN) e massa seca total dos nódulos (MSTN) de plantas de soja submetidas diferentes épocas de aplicação de dicloroisocianurato de sódio. Londrina - PR, 2016. Letras distintas maiúsculas na variável MFTN e minúsculas na variável MSTN diferem pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). As barras indicam o desvio padrão amostral.

Tabela 1 - Número total de nódulos (NTN) e Número total de sementes (NTS) de plantas de soja submetidas a diferentes épocas de aplicação de dicloroisocianurato de sódio. Londrina-Pr, 2016.

Tratamentos	NTN	NTS
Testemunha	307,00 a	26,25 a
Semeadura	272,80 a	32,65 a
R1+15dias	236,60 a	31,45 a
V1+15dias	140,40 b	5,50 b
V3+15dias	92,00 b	12,15 b
CV (%)	25,25	34,36

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

CONCLUSÃO

- A aplicação de dicloroisocianurato de sódio na semente e no florescimento, bem como a testemunha sem aplicação apresentaram melhores resultados na maioria das variáveis estudadas.
- O dicloroisocianurato de sódio pode afetar o desenvolvimento de nódulos dependendo da época de aplicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEUCHAT, L. R. Surface decontamination of fruits and vegetables eaten raw: a review. Geneva: Food Safety Unit, World Health Organization, 1998.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento, 2017. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_06_08_09_02_48_boletim_graos_junho_2017.pdf. Acesso: 20 de janeiro de 2018.

GÖRGEN, C.A.; SILVEIRA NETO, A.N.; CARNEIRO, L.C.; RAGAGNIN, V.; LOBO JUNIOR, M. Manejo do mofo branco da soja com palhada e *Trichoderma harzianum* '1306'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1583-1590, 2009.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. Fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 48p.

KOLLER, H.R.; NYQUIST, W.F.; CHORUSH, I.S. Growth analysis of the soybean community. **Crop Science**, v. 10, p. 407-412, 1986.

MEYER, S. T. O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. *Cad. Saúde Pública*, v. 10, n. 1, p. 99-110, 1994.

MEYER, M.C.; CAMPOS, H.D.; GODOY, C.V.; UTIAMADA, C.M.; PIMENTA, C.B.; JACCOUD FILHO, D.S.; BORGES, E.P.; JULIATTI, F.C.; NUNES JUNIOR, J.; CARNEIRO, L.C.; SILVA, L.H.C.P. da; SATO, L.N.; MADALOSSO, M.; GOUSSAIN, M.; MARTINS, M.C.; DEBORTOLI, M.P.; BALARDIN, R.S.; VENANCIO, W.S. Eficiência de fungicidas para controle de mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) em soja, na safra 2015/2016: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 5 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 122).

R CORE TEAM (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>.

ROCHA, M.A.N.; **Programa Biomar e Formalix DUP**; Goiânia GO, 2012.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. de C.; BARROS, H.B. Origem, evolução e importância econômica. In: SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenas, 2009. p. 1-5.

KOLLER, H.R.; NYQUIST, W.F.; CHORUSH, I.S. Growth analysis of the soybean community. **Crop Science**, v. 10, p. 407-412, 1986.

BEUCHAT, L.R., NAIL, B.V., ADLER, B.B., CLAVERO, M.R.S. Efficacy of spray application of chlorinated water in killing pathogenic bacteria on raw apples, tomatoes and lettuce. **Journal of Food Protection**, v. 61, n.10, p.1305-1311, 1998.

MEYER, S.T. O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. **Cad. Saúde Pública**, v. 10, n. 1, p. 99-110, 1994.