

MASSA E NITROGÊNIO DA PARTE AÉREA DA SOJA SUBMETIDA A PRÉ-INOCULAÇÃO COM *Bradyrhizobium* E SOLUBILIZADORES DE FOSFATO

SOUZA, E.¹; GRANDO, L. S.¹; CONCARI, L. E.¹; LIMA, C.¹; CRUZ, S. P.²

¹Graduando do curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, Santa Catarina, Brasil; ²Professora de Microbiologia do curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, Santa Catarina, Brasil

RESUMO

A utilização da pré-inoculação de sementes de soja com *Bradyrhizobium* já é uma técnica consolidada pelos produtores rurais, entretanto não há estudos descritos na literatura a respeito da associação com solubilizadores de fosfato e seus efeitos sobre a nutrição da soja. Desta maneira, o presente estudo teve como objetivo avaliar dois microrganismos solubilizadores de fosfatos associados a *Bradyrhizobium* em pré-semeadura em condições de campo, com ênfase em avaliações de massa da parte aérea e nitrogênio. Conduziu-se o experimento em parceria com a empresa Rizobacter do Brasil em Curitibanos – SC. O experimento foi realizado em um delineamento de blocos ao acaso, com quatro tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos avaliados foram: T1 – Testemunha; T2: *Bradyrhizobium* em pré-inoculação de 10 dias; T3: *Bradyrhizobium* em pré-inoculação de 10 dias + Solubilizador de fosfato T4: *Bradyrhizobium* em pré-inoculação de 10 dias + Solubilizador de fosfato + Rizoderma. Em R2 foi avaliado a massa da parte aérea fresca e seca, gramas de nitrogênio por kg, porcentagem de nitrogênio, porcentagem de proteína e nitrogênio acumulado por planta. Os dados foram submetidos a ANOVA. Os resultados apresentam que não houve efeito entre os tratamentos em nenhuma das variáveis avaliadas. Contudo, vale ressaltar a importância da associação desses microrganismos, visto que pode-se encontrar resultados positivos nas futuras análises de produtividade, como já reportado em outros trabalhos de pesquisa.

Palavras-chave: Microrganismos; Fixação biológica de nitrogênio; osmoprotetores

INTRODUÇÃO

A cultura da soja possui grande importância para a economia brasileira, sendo carro-chefe na produção agropecuária do país. Desta forma, o Brasil ocupa o cargo de maior produtor e exportador de soja, visto que na safra 2020/21 produziu 135,4 milhões de toneladas do grão, em uma área de 38,5 milhões de hectares, totalizando uma produtividade média de 3.517 kg ha⁻¹ (CONAB, 2021). Visando uma boa produção da cultura, alguns nutrientes são mais essenciais, sendo o nitrogênio o mais requerido pela cultura, esse que é disponibilizado

através da inoculação de sementes com bactérias fixadoras de nitrogênio (HUNGRIA *et al.*, 2001).

Em primeiro momento, a inoculação foi denominada de inoculação padrão de sementes, essa que consiste na mistura do inoculante com a semente, seguida do plantio em até 24 horas. Entretanto, caso ocorra alguma anormalidade, como uma chuva inesperada ou a quebra de algum maquinário que impossibilite a semeadura dentro das 24 horas, a mortalidade das bactérias aumenta exponencialmente após esse tempo. Diante deste problema, uma nova maneira de inocular sementes surgiu, denominada de pré-inoculação de sementes, essa que permite a realização do plantio em um período maior que 24 horas, e caso ocorra algum imprevisto, as bactérias vão permanecer viáveis. Desta maneira, novas práticas que proporcionam condições ideais para a sobrevivência das bactérias surgiram, bem como a utilização de osmoprotetores, que fornecem uma proteção para as bactérias através da formação de uma película, assim impedindo o contato direto do inoculante, com os químicos dos tratamentos das sementes, além de fornecer substrato para sobrevivência da bactéria, durante o período antecedente a simbiose (FIPKE, 2015).

A utilização das bactérias do gênero *Bradyrhizobium* na cultura da soja, é uma das técnicas mais utilizadas pelos agricultores mundialmente, devido a sua grande eficiência. Porém, quando são associados a outros microrganismos, podem aumentar a aplicabilidade para a cultura. Porém não há estudos descritos na literatura relacionados a pré-inoculação de soja com *Bradyrhizobium* e microrganismos solubilizadores de fosfato, esses que podem aumentar a capacidade do uso dos nutrientes, além disso, promovem o crescimento das plantas através da solubilização do fosfato, produção de fito-hormônios, sideróforos, e também fornecem uma proteção contra patógenos (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Desta forma, o presente trabalho, teve como objetivo avaliar os microrganismos fixadores de nitrogênio e solubilizadores de fosfatos submetidos a pré-inoculação de sementes, avaliando-se a resposta de produção de fitomassa e nitrogênio da parte aérea da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente experimento foi realizado em parceria com a empresa Rizobacter do Brasil na área experimental da Universidade Federal de Santa Catarina no município de Curitibanos – SC. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso (DBC), sendo avaliados quatro tratamentos e quatro repetições, totalizando 16 unidades experimentais. As parcelas continham uma área mínima de 28,35 m² (7 x 4,05), com espaçamento entre parcelas e blocos de 1 m, totalizando uma área de 595,2 m².

Os quatro tratamentos avaliados foram: T1: Testemunha, sem inoculação e com adubação de base nitrogenada. Foi realizada adubação de base com 50kg N ha⁻¹, fornecido na forma de ureia. Não se realizou adubação de cobertura nem inoculação de sementes; T2: Inoculante líquido Signum (100 mL/50 kg de semente) + Premax LLI (25 mL/50kg de semente) com 10 dias pré-inoculação; T3: Inoculante líquido Signum (100 mL/50 kg de semente) + Solubilizador de fosfato + Premax LLI (25 mL/50kg de semente) com 10 dias de inoculação pré-semeadura; T4: inoculante líquido Signum (100 mL/50 kg de semente) + Solubilizador de fosfato + Rizoderma (20 g/50 kg de semente) + Premax LLI (25 mL/50kg de semente) com 10 dias de inoculação pré-semeadura. Os dados do solubilizador de fosfato, nesse momento encontra-se restritos a empresa parceira devido a sua política de sigilo de pesquisa.

Foram utilizadas sementes de soja da cultivar BMX Zeus IPRO, que tem recomendação para o Sul do Brasil. Apresenta excelente adaptação em regiões de maior altitude, precocidade e porte controlado com resistência ao acamamento, com hábito de crescimento indeterminado. Além disso, é resistente à Cancro do Haste e Podridão Radicular de *Phytophthora*, Raças 1 e 3. As sementes foram tratadas quimicamente pela empresa Cultivar Distribuidora de Insumos Agrícolas, com os seguintes produtos: Start, Vitavax thiram, Potamol e Biozyme.

O plantio do experimento foi realizado no dia 22 de novembro de 2021. Nesta operação foi utilizado o trator e a semeadora de plantio direto pertencente da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos. O espaçamento utilizado entre as linhas foi de 0,45 m, e entre sementes foi 0,077 m, totalizando uma densidade de 288.889 plantas/ha⁻¹.

A avaliação ocorreu quando as plantas se encontravam em estágio R2, sendo avaliados massa da parte aérea fresca e seca, gramas de nitrogênio por kg de matéria seca, porcentagem de nitrogênio na parte aérea, porcentagem de proteína na parte aérea e nitrogênio acumulado por planta. Para a avaliação foram retiradas 5 plantas de cada parcela, respeitando-se 1 m de cada extremidade. As plantas foram colocadas em sacos de rafia e foram levadas até o prédio da Fazenda Experimental da UFSC – Campus Curitibanos. Em primeiro momento pesou-se a parte aérea fresca, que em seguida foi seca em uma estufa com circulação de ar forçada a 60 °C. Após secagem, foi realizada a pesagem para determinar-se a massa de parte aérea seca, e posteriormente foram trituradas com auxílio de um liquidificador industrial e passadas em peneiras de malha 2 mm para fins de análise de N. As cinco plantas que foram coletadas, após trituradas, e formaram uma única amostra de cada parcela. As análises de nitrogênio da parte aérea foram realizadas no Laboratório de Química da Universidade Federal de Santa Catarina, através do método de Kjeldahl (TEDESCO *et al.*, 1995). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância simples (ANOVA) aos níveis de significância de 5 e 10% a pedido da empresa parceira. As médias foram comparadas pelo teste de Duncan (SNK) e as análises estatísticas foram realizadas através do programa estatístico SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na tabela 1 que não houve diferença estatística entre os tratamentos avaliados para massa da parte aérea fresca e seca com valores médios de 46,33 e 7,17 gramas. Para a variável gramas de nitrogênio por kg de matéria seca, também não houve diferença estatística, com uma média de 36,46 g. Igualmente, para a porcentagem de proteína e nitrogênio, os valores médios dos tratamentos não apresentaram diferença significativa entre

si, apresentando uma média de 3,65 e 20,27%, respectivamente. A variável nitrogênio acumulado por planta também não apresentou diferenças estatísticas, e teve um valor médio de 0,25 gramas por planta.

Tabela 1 – Massa da parte aérea fresca (MPAF), massa da parte aérea seca (MPAS), gramas de nitrogênio por kg (N/kg), porcentagem de nitrogênio (N), porcentagem de proteína (PROT), gramas de nitrogênio acumulado por planta (N/Planta) na cultura da soja submetida a pré-inoculação de sementes, em experimento conduzido em Curitiba-SC, na safra 2021/2022.

Tratamento	MPAF	MPAS	N/kg	N	PROT	N/Planta
	g	g	g	%	%	g
T1	52,57ns	8,30ns	21,52ns	2,15ns	11,97ns	0,18ns
T2	45,99	6,69	39,11	3,91	21,74	0,26
T3	44,99	6,85	48,12	4,81	26,75	0,31
T4	41,73	6,84	37,10	3,71	20,63	0,25
Média	46,33	7,17	36,46	3,65	20,27	0,25
Pr>Fc	0,7817	0,6992	0,1267	0,1267	0,1266	0,4033
CV %	32,59	30,28	38,44	38,44	38,43	37,94

T1: Testemunha; T2: Inoculante Signum + Premax LLI com 10 dias pré-semeadura; T4: Inoculante Signum + Solubilizador de fosfato + Premax LLI com 10 dias pré-semeadura; T6: Inoculante Signum + Solubilizador de fosfato + Rizoderma + Premax LLI com 10 dias pré-semeadura. Pr>Fc: p valor; CV: coeficiente de variação; ns não significativo a ANOVA a 5 ou 10% de probabilidade. Os respectivos resultados devem ser interpretados pelas colunas.

A comparação com outros trabalhos é limitada, devido a falta de estudos com pré-inoculação e solubilizadores de fosfato associados. A maioria dos registros aponta a combinação de microrganismos dessa natureza, mas não em pré-inoculação. O estudo realizado por Guimarães *et al.* (2021) revelou que os valores de massa da parte aérea seca foram superiores nos tratamentos com 100% P + *Bradyrhizobium* e 50% P + *P. fluorescens* + *Bradyrhizobium*. Ambos tratamentos superaram o tratamento controle sem adubação fosfatada nem inoculação em 51,70 e 49,33%, respectivamente. Juntamente, superaram o tratamento com adubação fosfatada + *Bradyrhizobium* em 33,91 e 31,82%, respectivamente. Ambos também superaram o tratamento com adubação fosfatada e *P. fluorescens* (50

mL/50kg de sementes) + *Bradyrhizobium* em 119,64 e 45,6%, respectivamente. Observa-se que ao diminuir a dose de P, e adicionar *P. fluorescens*, foi possível obter ganhos na massa seca da parte aérea, confirmando o bom desempenho dos microrganismos para a cultura.

Outros trabalhos abordam o efeito da pré-inoculação apenas com *Bradyrhizobium* sobre a parte aérea, como o de Zilli *et al.* (2010). Nele, foram feitos experimentos a campo durante as safras de 2006 e 2007, avaliou-se o efeito da inoculação de *Bradyrhizobium* em pré-semeadura com sementes de soja quimicamente tratadas. Em relação a matéria da parte aérea seca, a pré-inoculação de cinco dias resultou em 70% menos de biomassa, porém o acúmulo de nitrogênio por planta não foi afetado, porém esse estudo não utilizou substância osmoprotetores, ao contrário do que foi testado no presente experimento.

Em outro experimento realizado por Fipke *et al.* (2020), conduzido na cidade de Santa Maria – RS durante as safras de 2013/14 e 2014/15, os autores tiveram como objetivo avaliar os efeitos da inoculação e coinoculação de sementes de soja associadas a osmoprotetores em pré-semeadura. Em V5 a massa da parte aérea seca apresentou resultados diferentes nas duas safras avaliadas. Na primeira safra, apenas o tratamento com aplicação de ureia apresentou diferença, com uma redução de 27%. Já na segunda safra, houve redução de massa com o tratamento de inoculação padrão e osmoprotetores e com o tratamento de pré-inoculação de 10 dias com *Bradyrhizobium* e *A. brasilense* + osmoprotetores. Em R3 também foi avaliado a massa da parte aérea seca e houve diferença estatística nas duas safras. Os tratamentos com adubação nitrogenada, pré-inoculação de 7 e 10 dias com *Bradyrhizobium* e osmoprotetores, e o tratamento com pré-inoculação de 10 dias com *Bradyrhizobium* e *A. brasilense* e osmoprotetores apresentaram menor média entre os tratamentos avaliados. Esse aspecto representa um ponto negativo da pré-inoculação, pois reduz a massa da planta, o que pode comprometer seu desenvolvimento e gerar efeitos negativos na produtividade. No presente estudo, não houve redução da massa da planta, ao contrário do observado em outros experimentos sobre pré-inoculação com *Bradyrhizobium* associado a outros microrganismos. Esse fato evidencia a eficácia da técnica de pré-inoculação avaliada, em não prejudicar o desenvolvimento da parte aérea da planta.

Análises de N e proteína no tecido vegetal também são inexistentes na literatura, abordando pré-inoculação associada a solubilizadores de P. Outros registros existem apenas considerando a coinoculação no momento da semeadura, como o trabalho de Guimarães *et al.* (2021). Esse estudo revelou que para o teor de N foliar, o tratamento com 100% P + *Bradyrhizobium*, o tratamento com 50% P + *P. fluorescens* (150 mL/50 kg de sementes) + *Bradyrhizobium* e o tratamento com 50% P + *P. fluorescens* (200 mL/50kg de sementes) + *Bradyrhizobium* proporcionaram melhores resultados. Em relação ao tratamento controle, apresentaram acréscimos de 113,26%, 60,80% e 55,95% respectivamente. Já em relação ao tratamento com 50% P + *Bradyrhizobium*, geraram incrementos de 62,33%, 22,40% e 18,70%. Quando esses três tratamentos foram comparados ao uso de 50% de P + *P. fluorescens* (50 mL/50kg de sementes) + *Bradyrhizobium*, eles apresentaram incrementos de 53,00%, 15,38% e 11,89%, respectivamente. Desta forma, pode-se levar em consideração que a redução da adubação fosfata e adição de solubilizadores de fosfato pode gerar incrementos no N presente no tecido vegetal das plantas, reduzindo os custos de produção com a redução da aplicação de adubos.

CONCLUSÕES

A pré-inoculação de *Bradyrhizobium* e solubilizadores de fosfato, pode ser uma boa alternativa para o produtor, visando um incremento no desenvolvimento e potencial produtivo da cultura da soja, bem como praticidade e segurança no processo de semeadura. Mesmo não apresentando diferença nos resultados, recomenda-se continuar os estudos em busca de resultados positivos nas futuras análises de produtividade.

REFERÊNCIAS

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: oitavo levantamento safra 20/21. Brasília: 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos> Acesso em: 28/03/2022.

FIPKE, G. M.; MARTIN, T. N.; MÜLLER, T. M.; CUNHA, V. S.; MUNARETO, J. D.; SCHÖNELL, A. T.; GRANDO, L. F. T.; ROSSATO, A. C. Osmoprotectant in soybean seeds can increase the inoculation and coinoculation time in pre-sowing. **Australian Journal Crop Science**. Australia, p. 905-912. 14 jun. 2020. Disponível em: 10.21475/ajcs.20.14.06.p1696. Acesso em: 30 mar. 2022.

FIPKE, G.M. **Coinoculação e pré-inoculação de sementes em soja**. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-graduação em Agronomia, RS, p.67, 2015.

GUIMARÃES, VF.; KLEIN, J.; KLEIN, DK. Promoção do crescimento e solubilização de fosfato na cultura da soja: coinoculação de sementes com *Bradyrhizobium japonicum* e *Pseudomonas fluorescens*. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 10, n. 11, pág. e366101120078, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i11.20078. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/20078>. Acesso em: 31 mar. 2022.

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).

OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; COTA, L. V.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A., SOUSA, S. M. de; LANA, U.G.P.; SANTOS, F. C.; PINTO JÚNIOR, A. S.; ALVES, V. M. C. **Viabilidade técnica e econômica do Biomaphos® (*Bacillus subtilis* CNPMS B2084 e *Bacillus megaterium* CNPMS B119) nas culturas de milho e soja**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020a. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 210).

TEDESCO, M. J. *et al.* Análises de Solo, Plantas e Outros Minerais. **Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre. n.5, ed.2, 1995, 174p.

Zilli, J. E.; Campo, R. J.; Hungria, M. Eficácia da inoculação de *Bradyrhizobium* em pré-semeadura da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, p.335-338, 2010.