

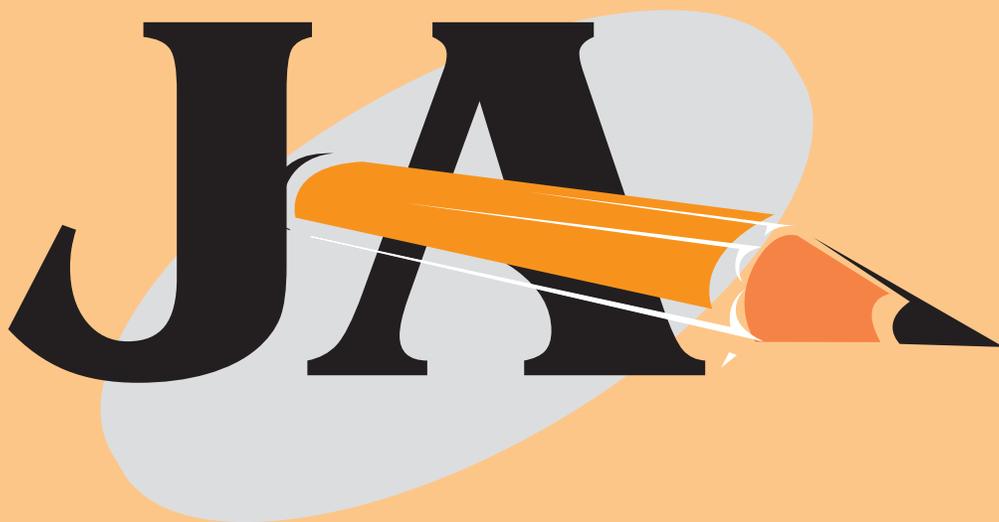
DOCUMENTOS

453

ISSN 2176-2937
Junho/2023

18ª Jornada Acadêmica da Embrapa Soja

Resumos expandidos



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Soja
Ministério da Agricultura e Pecuária**

DOCUMENTOS 453

18^a Jornada Acadêmica da Embrapa Soja Resumos expandidos

*Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite
Larissa Alexandra Cardoso Moraes
Kelly Catharin*
Editoras Técnicas

Embrapa Soja
Londrina, PR
2023

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Soja
Rod. Carlos João Strass, s/n
Acesso Orlando Amaral, Distrito da Warta
CEP 86065-981
Caixa Postal 4006
Londrina, PR
Fone: (43) 3371 6000
www.embrapa.br/soja
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

**Comitê Local de Publicações
da Embrapa Soja**

Presidente
Adeney de Freitas Bueno

Secretária-Executiva
Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite

Membros
*Claudine Dinali Santos Seixas, Edson Hirose,
Ivani de Oliveira Negrão Lopes, José de Barros
França Neto, Leandro Eugênio Cardamone
Diniz, Marco Antonio Nogueira, Mônica Juliani
Zavaglia Pereira e Norman Neumaier*

Supervisão editorial
Vanessa Fuzinato Dall'Agnol

Bibliotecária
Valéria de Fátima Cardoso

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica e capa
Marisa Yuri Horikawa

1ª edição
PDF digitalizado (2023).

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Soja

Jornada Acadêmica da Embrapa Soja (18. : 2023: Londrina, PR).

Resumos expandidos [da] XVIII Jornada Acadêmica da Embrapa Soja / Regina
Maria Villas Bôas de Campos Leite... [et al.] editoras técnicas – Londrina:
Embrapa Soja, 2023.

161 p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937 ; n. 453).

1. Soja. 2. Pesquisa agrícola. I. Leite, Regina Maria Villas Bôas de Campos. II.
Moraes, Larissa Alexandra Cardoso. III. Catharin, Kelly. IV. Série.

CDD: 630.2515 (21. ed.)

Editoras técnicas

Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitopatologia, pesquisadora da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Larissa Alexandra Cardoso Moraes

Engenheira-agrônoma, doutora em Energia Nuclear na Agricultura, pesquisadora da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Kelly Catharin

Secretária-executiva, analista da Embrapa Soja, Londrina, PR

Apresentação

A Jornada Acadêmica da Embrapa Soja tem como objetivo promover o trabalho desenvolvido pelos estudantes que integram o Programa de Estágio de Complementação Educacional da Embrapa e o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq) junto às equipes de pesquisa e apoio da Unidade.

Por meio da inscrição de trabalhos nas modalidades escrita e oral, os participantes vivenciam a dinâmica de um evento científico, contando com o suporte de seus orientadores e do Comitê Local de Publicações (CLP) da Embrapa Soja. Além disso, interagem com seus pares e com o público interno da empresa, em um significativo processo de aprendizagem.

Em sua 18ª edição, realizada nos dias 29 e 30 de junho de 2023, em formato presencial, no auditório da Embrapa Soja, Londrina, PR, a Jornada Acadêmica contou com 23 trabalhos inscritos, cujos resumos expandidos encontram-se nesta publicação, que temos a satisfação de apresentar.

Cabe à Embrapa Soja agradecer aos orientadores e estagiários, bem como à banca avaliadora e ao Núcleo de Comunicação Organizacional, que contribuíram para a realização da 18ª Jornada Acadêmica da Embrapa Soja. Aproveitamos, ainda, para parabenizar a todos pelos resultados alcançados.

Adeney de Freitas Bueno

Chefe-adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Embrapa Soja

Sumário

Alteração na produção de grãos e estado nutricional do grão-de-bico à aplicação de fósforo em dois solos com diferentes teores de argila	9
Eficiência de ingredientes ativos isolados no controle da ferrugem-asiática da soja em Londrina, PR	17
Eficiência de fungicidas registrados no controle da ferrugem-asiática da soja em Londrina, PR	22
Comparação entre índices de vegetação RGB e NDVI obtidos por câmera multiespectral acoplada a VANT na avaliação da condição hídrica da cultura da soja	28
Silenciamento gênico via CRISPR/Cas de fatores antinutricionais da soja visando melhoria da digestibilidade animal	34
Determinação de doses para testes de sensibilidade de micoparasitas de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> a fungicidas	39
Capacidade de parasitismo de <i>Trichogramma pretiosum</i> e <i>Telenomus remus</i> em mistura de ovos de <i>Anticarsia gemmatalis</i> e <i>Spodoptera cosmioides</i> ...	45
Expressão transiente em embriões de soja para validação <i>in vivo</i> de gRNAs visando a edição genica via CRISPR/Cas	52
Efeito de sistemas diversificados de produção de soja em atributos microbiológicos do solo	59
Uso de agentes antagonistas no controle biológico de <i>Aphelenchoides besseyi</i> em soja	65
Efeito da inoculação com bactérias promotoras do crescimento de plantas em pastagens de <i>Megathyrus maximus</i> cv. BRS Zuri e <i>Urochloa ruziziensis</i>	74

Aspectos biológicos de <i>Spodoptera frugiperda</i> , <i>S. cosmioides</i> e <i>Helicoverpa armigera</i> alimentando-se de soja: bases para o manejo dessas lagartas ...	80
Interação do fungo <i>Metarhizium rileyi</i> e rotina: efeito na mortalidade e no peso de pupas de <i>Anticarsia gemmatalis</i> e <i>Spodoptera frugiperda</i>	87
Volume de calda e aplicação de pó secante na qualidade fisiológica de sementes de soja	93
Impacto de culturas de entressafra e adubação nitrogenada sobre a produtividade e teores de proteína e óleo em grãos de soja	99
Exopolímeros bacterianos como protetores celulares em inoculantes para soja	106
Acidez potencial estimada pelo método do pH SMP em solos da Fazenda Modelo da Embrapa em Ponta Grossa-PR.....	113
Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de girassol em segunda safra de verão no Brasil.....	120
Compatibilidade de agroquímicos com isolados do fungo <i>Metarhizium rileyi</i>	126
Efeitos sinérgicos entre isolados virais da família Baculoviridae com potencial de controle de <i>Spodoptera frugiperda</i>	131
Competição de cultivares de soja com tecnologia IPRO, em Mato Grosso, em duas épocas de semeadura	138
Fertilidade física do solo em diferentes fases de um sistema de integração lavoura-pecuária na região Noroeste do Paraná	145
Fertilidade física do solo e produtividade da soja em reposta a modelos de produção diversificados no Oeste do Paraná.....	153

Alteração na produção de grãos e estado nutricional do grão-de-bico à aplicação de fósforo em dois solos com diferentes teores de argila

OLIVEIRA, J. G. A.¹; DELFIM, J. J.²; MOREIRA, A.^{3,4}; MORAES, L. A. C.³; O.F. LIMA FILHO⁵

¹UEL, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR; ²Doutorando, UEL; ³Pesquisador, Embrapa Soja; ⁴Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq, ⁵Pesquisador, Embrapa Hortaliças

Introdução

Nas condições edafoclimáticas dos trópicos e subtropicais, o cultivo de plantas depende de altas quantidades de fertilizantes para a obtenção de uma produção economicamente viável (Moreira et al., 2017). Entre os nutrientes, a carência de fósforo (P) tem sido um dos fatores mais limitantes para o cultivo nos trópicos. A sua deficiência é relatada em diferentes tipos de solos que apresentam elevado grau de intemperização, com alta capacidade de imobilização devido à presença de grandes quantidades de óxidos ferro (Fe) e alumínio (Al) (Fageria et al., 2016), o que limita o crescimento radicular e a absorção de nutrientes pelas plantas (Havlin et al., 2017). No entanto, a aplicação contínua de altas concentrações de P pode também diminuir a disponibilidade dos micronutrientes metálicos, como o cobre (Cu), o ferro (Fe), o manganês (Mn) e o zinco (Zn), influenciando negativamente a produção (Moreira et al., 2002).

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) é uma das mais importantes leguminosas cultivadas no mundo, sendo a segunda mais consumida, atrás somente da soja. No Brasil, a produção é pequena, sendo necessário importar quase a totalidade do que é consumido, apesar da grande demanda pelo grão, uma vez que essa leguminosa apresenta um teor de proteína elevado (variando de 25,3 a 28,9%). Também possui uma composição balanceada de aminoácidos (isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina), alto teor de lisina, além de cálcio, fósforo, ferro, vitaminas A, B e B₂ (Nascimento et al., 2016).

Devido à ausência de estudos sobre a demanda de nutrientes pelo grão-de-bico para as condições dos trópicos, o objetivo deste trabalho foi avaliar o estado nutricional do grão-de-bico (teor foliar de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn) cultivado em dois tipos de solo (Neossolo Quartzarênico, NQ e Latossolo Vermelho distrófico, LVd) e com quatro doses de P.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em condições de casa de vegetação localizada no município de Londrina (23°19'08" LS e 51°11'37" LO), Estado do Paraná, Brasil. Os solos utilizados foram um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) coletado em área de mata nativa na camada de 0-20 cm no município de Ponta Grossa, Estado do Paraná e um Neossolo Quartzarênico (NQ) coletado em área de pastagem no município de Dracena, Estado de São Paulo com os seguintes atributos químicos e físicos: a) LVd - pH em $\text{CaCl}_2 = 5,5$, matéria orgânica do solo (MOS) = $25,1 \text{ g kg}^{-1}$, fósforo (P - Mehlich 1) = $2,6 \text{ mg kg}^{-1}$, potássio (K^+) = $0,3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, cálcio (Ca^{2+}) = $4,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, magnésio (Mg^{2+}) = $0,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, enxofre (S-SO_4^{2-}) = $8,0 \text{ mg kg}^{-1}$, alumínio (Al^{3+}) = $0,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, acidez potencial (H+Al) = $4,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, capacidade de troca de cátions (CTC) = $5,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, boro (B) = $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$, Cu = $1,7 \text{ mg kg}^{-1}$, ferro (Fe) = $75,5 \text{ mg kg}^{-1}$, manganês (Mn) = $80,0 \text{ mg kg}^{-1}$, zinco (Zn) = $22,4 \text{ mg kg}^{-1}$, argila 640 g kg^{-1} e areia 215 g kg^{-1} e b) NQ - pH em $\text{CaCl}_2 = 4,6$, MOS = $9,5 \text{ g kg}^{-1}$, P = $1,6 \text{ mg kg}^{-1}$, $\text{K}^+ = 0,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, $\text{Ca}^{2+} = 1,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, $\text{Mg}^{2+} = 0,3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, $\text{S-SO}_4^{2-} = 2,0 \text{ mg kg}^{-1}$, $\text{Al}^{3+} = 0,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, $\text{H+Al} = 2,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, CTC = $3,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, B = $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$, Cu = $1,4 \text{ mg kg}^{-1}$, Fe = $12,1 \text{ mg kg}^{-1}$, Mn = $25,9 \text{ mg kg}^{-1}$, zinco (Zn) = $0,7 \text{ mg kg}^{-1}$, argila 59 g kg^{-1} e areia 915 g kg^{-1} .

Os tratamentos foram dispostos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 4, sendo dois tipos de solo: 1- Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e 2- Neossolo Quartzarênico (NQ) e quatro doses de P (0, 50, 100 e 200 mg kg^{-1}), com quatro repetições. O experimento foi conduzido em vasos de barro de $3,0 \text{ dm}^3$ de solo seco ao ar (TFSA) passado em peneira de 2,0 mm.

O equivalente a $5,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ de calcário dolomítico ($\text{MgO} > 12\%$) foi homogeneizado nos vasos, sendo que as adubações feitas com K, B, S, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn, de acordo com Moreira e Fageria (2010), para experimentos

conduzidos em condições de casa de vegetação. Os vasos foram irrigados diariamente para compensar as perdas por evapotranspiração e para manter o solo próximo de 70% do valor total de poros. A cultivar utilizada foi a Alepo, com a semeadura de seis sementes e, após desbaste, deixadas duas plantas uniformes por vaso. No início do florescimento foi coletada a folha diagnóstico para a determinação dos teores totais de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn de acordo com as metodologias descritas em Malavolta et al. (1997).

Os resultados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade, e posteriormente realizados análise de variância (ANOVA), teste F, regressão ($p \leq 0,05$) e a comparação de contrastes entre médias dos teores no solo, pelo teste de T a 5% de significância.

Resultados e Discussão

Os dois tipos de solo com diferentes teores de argila influenciaram os tratamentos com efeito significativo sobre os teores foliares de N, P, K, Mg, S, Fe e Mn (Tabela 1) e corrobora os argumentos de Havlin et al. (2017), que solos mais argilosos apresentam maior potencial de fixação de nutrientes nas argilas. Assim, a maior parte dos nutrientes fica indisponível para as plantas até sua solubilização.

Com relação às doses de P, semelhante aos resultados de Moreira e Malavolta (2001) com alfafa (*Medicago sativa* L.), nos dois tipos de solos houve efeito linear positivo no teor foliar de P (Figura 1) e efeito positivo com os teores de K, Ca, Mg, Cu e Mn e negativo com o Zn nos dois solos. Isso está de acordo com Malavolta (2006) e Marschner (2012) ao reportarem que o P fornece energia para as reações bioquímicas que ocorrem no metabolismo vegetal (ATP e ADP), fazendo parte do DNA e RNA e apresentando interação negativa com o Zn pelo efeito de inibição não competitiva.

Tabela 1. Teores totais de N, P, K, Mg, Ca e Cu em dois solos sem (A) e com (B) aplicação de calcário e doses de cobre e produção relativa do trigo em função da aplicação de calcário (Δ).

	P mg kg ⁻¹		N g kg ⁻¹		P g kg ⁻¹		K g kg ⁻¹		Ca g kg ⁻¹		Mg g kg ⁻¹	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
0	31,7b	36,5a	1,2a	1,1a	14,7b	20,0a	16,4a	8,4b	6,1b	7,0a		
50	31,7b	35,8a	1,4a	1,7a	15,0b	23,6a	28,5a	22,0b	5,7b	7,2a		
100	35,6a	33,7a	1,5b	2,3a	19,5b	26,6a	27,8b	32,0a	6,1b	7,3a		
200	39,0a	32,8b	2,0b	3,2a	20,9a	18,0b	25,7b	31,2a	6,9a	6,5a		
Média	34,5a	34,7a	1,5a	2,1a	17,5b	22,1a	24,6a	23,4a	6,2b	7,0a		
Teste F												
Solo (a)	*		*		*		NS		*			
Fósforo (b)	*		*		*		*		*			
a × b	NS		*		*		NS		*			
CV (%)	8,94		9,95		14,55		13,74		11,96			
	S g kg ⁻¹		Cu mg kg ⁻¹		Fe mg kg ⁻¹		Mn mg kg ⁻¹		Zn mg kg ⁻¹			
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B		
0	1,2a	1,9a	2,0a	2,0a	40,8a	15,6b	41,3b	60,5a	21,4a	24,8a		
50	1,5b	3,6a	1,8b	3,0a	46,8a	16,2b	49,5b	93,1a	20,2a	24,1a		
100	2,9b	4,4a	1,8b	3,0a	44,4a	33,4b	45,0b	76,6a	19,3a	23,7a		
200	3,6a	4,3a	2,8a	3,0a	25,9a	19,0b	76,8b	112,5a	19,3a	16,4a		
Média	2,3b	3,6a	2,1a	2,8a	39,5a	21,0b	53,1b	85,7a	20,1a	22,3a		
Teste F												
Solo (a)	*		NS		*		*		NS			
Fósforo (b)	*		*		NS		*		*			
a × b	*		*		*		*		NS			
CV (%)	14,21		17,14		18,31		16,55		14,97			

*.NS Significativo a 5% probabilidade e não significativo, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas dentro da mesma linha e variável diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV – Coeficiente de variação.

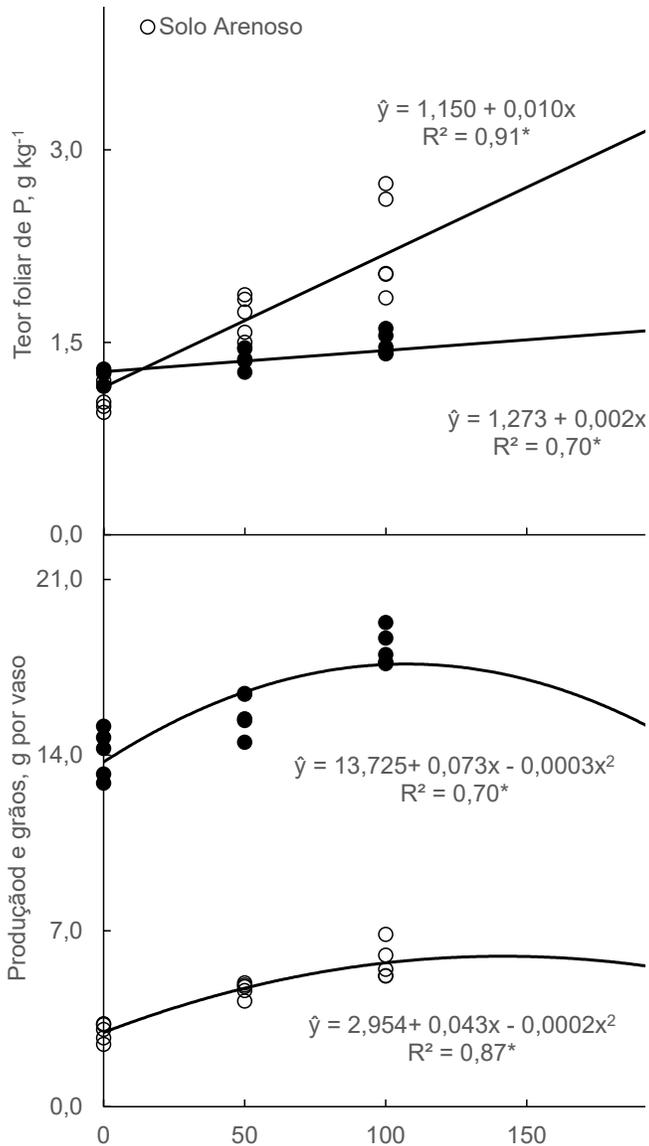


Figura 1. Teor foliar e produção de grãos em função das doses de P aplicadas nos dois tipos de solo. *Significativo a $p \leq 0,05$.

Com relação ao teor foliar de N, a diferença entre os dois solos, possivelmente se deve ao efeito de diluição, visto que em solos arenosos apresentam menor capacidade de reter os nutrientes. Na média dos dois solos, o teor foliar de P apresentou interação positiva com os teores de Ca, Mg, S, Cu, Mn e negativa com Zn (Tabela 2). As doses de P incrementaram significativamente a produção de grãos (PG), com ajuste da regressão de forma quadrática com as maiores produções estimadas nas doses 121,7 mg kg⁻¹ no solo argiloso e 107,5 mg kg⁻¹ no solo arenoso. A resposta positiva na PG em função do incremento das doses de P também foi descrita por Kaur et al. (2022), que observaram diminuição do PG em solo deficiente em P, enquanto as plantas que estavam sob níveis adequados apresentaram incrementos na produção de grãos e por Fonseca et al. (2020), que obtiveram incrementos lineares na PG com a aplicação de doses de P.

Tabela 2. Correlações entre os teores foliares de P com N, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn nas folhas diagnósticos do grão-de-bico nos dois solos com diferentes teores de argila.

Neossolo Quartzarênico		
P vs N	$\hat{y} = 30,849 - 1,870*x$	0,81
P vs K	$\hat{y} = 24,241 - 1,045^{NS}x$	0,22
P vs Ca	$\hat{y} = 1,325 + 10,714^{NS}x$	0,75
P vs Mg	$\hat{y} = 7,482 - 0,243*x$	0,38
P vs S	$\hat{y} = 1,273 + 1,272*x$	0,70
P vs Cu	$\hat{y} = 1,878 + 0,422*x$	0,55
P vs Fe	$\hat{y} = 14,907 + 2,983^{NS}x$	0,20
P vs Mn	$\hat{y} = 42,067 + 21,186*x$	0,71
P vs Zn	$\hat{y} = 30,447 - 3,979*x$	0,82
Média		
P vs N	$\hat{y} = 27,136 + 2,176^{NS}x$	0,32
P vs K	$\hat{y} = 17,224 + 1,447^{NS}x$	0,24
P vs Ca	$\hat{y} = 5,893 + 10,124*x$	0,62
P vs Mg	$\hat{y} = 6,357 + 0,129*x$	0,57
P vs S	$\hat{y} = -0,111 + 1,693*x$	0,74
P vs Cu	$\hat{y} = 1,344 + 0,609*x$	0,86
P vs Fe	$\hat{y} = 37,611 - 4,107^{NS}x$	0,23
P vs Mn	$\hat{y} = 19,322 + 28,030*x$	0,87
P vs Zn	$\hat{y} = 28,246 - 3,921*x$	0,77

*Significativo e NS não significativo a 5% pelo teste F.

Conclusão

Independentemente das doses de P, o aumento do teor de argila diminuiu a disponibilidade de P, K, Mg, S, Fe e Mn para as plantas em relação ao solo arenoso enquanto a aplicação de P aumentou os teores foliares totais de N, P, K, Ca, Mg, S e Cu diminuindo o de Zn. Com exceção de K e Fe, o teores foliares do grão-de-bico, na média dos dois solos, estão relacionados com o teor foliar de P. O teor de P apresentou efeito linear em função das doses, sendo que a produção de grãos (PG) foi influenciada pelos tratamentos, com as maiores produções estimadas nas doses 121,7 mg kg⁻¹ no solo argiloso e 107,5 mg kg⁻¹ no solo arenoso.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Solos da Universidade Estadual de Londrina (UEL) pelas análises e ao CNPq pelo suporte financeiro.

Referências

- FAGERIA, N. K.; GHEYI, H. R.; CARVALHO, M. C. S.; MOREIRA, A. Root growth, nutrient uptake and use efficiency by roots of tropical legume cover crops as influenced by phosphorus fertilization. **Journal of Plant Nutrition**, v. 39, p. 781-792, 2016.
- FONSECA, J. H. dos S.; ALMEIDA NETA, M. N.; PEGORARO, R. F.; ALMEIDA, G. F. de; COSTA, C. A. da; ALMEIDA, E. S. de. Chickpea production in response to fertilization with zinc and doses of phosphorus. **Comunicata Scientiae**, v. 11, e3106, 2020.
- HAVLIN, J. L.; TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management**. Chennai: Pearson, 2017. 520 p.
- KAUR, S.; GREWAL, S. K.; SINGH, S.; VIRK, H. H. Impact of phosphorous-deficit conditions on morpho-physiological traits and phosphorous metabolism in chickpea genotypes. **Protoplasma**, v. 259, p. 775-788, 2022.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 631 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MARSCHNER, P. **Mineral nutrition for higher plants**. London: Academic Press, 2012. 649 p.
- MOREIRA, A.; FAGERIA, N. K. Liming influence on soil chemical properties, nutritional status and yield of alfalfa grown in acid soil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1231-1239, 2010.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; MORAES, L. A. C.; HEINRICH, R. Sources and rates of phosphorus on nitrogen and micronutrients levels in alfalfa and centrosema. **Boletim de Indústria Animal**, v. 59, p. 157-165, 2002.

MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; MORETTI, L. G. Yield, yield components, soil chemical properties, plant physiology and phosphorus use efficiency in soybean genotypes. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 40, p. 2464-2476, 2017.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Sources, rates and extractants of phosphorus on alfalfa and centrosema. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 1519-1527, 2001.

NASCIMENTO, W. M.; SILVA, P. P. da; ARTIAGA, O. P.; SUINAGA, F. A. Grão-de-bico. In: NASCIMENTO, W. M. (ed.). **Hortaliças leguminosas**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 89-118.

Eficiência de ingredientes ativos isolados no controle da ferrugem-asiática da soja em Londrina, PR

SANTOS, N. de F.¹; EZEQUIEL, M. de J.²; GODOY, C. V.³

¹UNOPAR, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina PR; ²UNOPAR, Bolsista FAPED; ³Pesquisadora, Embrapa Soja

Introdução

A ferrugem-asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, é a doença mais severa da cultura, podendo causar redução de produtividade de até 90% quando não controlada (Yorinori et al., 2005; Hartman et al., 2015). Os primeiros sintomas da doença são caracterizados por minúsculos pontos mais escuros do que o tecido sadio da folha, de coloração esverdeada a cinza-esverdeada, com correspondente saliência (urédia) na parte inferior da folha. Os sintomas podem aparecer em qualquer estágio de desenvolvimento da planta (Henning et al., 2014).

Existem diversas estratégias para o controle da ferrugem-asiática da soja, incluindo a redução do inóculo do fungo durante a entressafra pela ausência de plantas de soja, denominado vazio sanitário, o uso de cultivares de ciclo precoce e/ou com genes de resistência, a semeadura no início da época recomendada e a utilização de fungicidas (Godoy et al., 2020).

Ao longo dos anos, uma menor sensibilidade/ resistência do fungo *P. pachyrhizi* tem sido observada no Brasil para os diferentes grupos de fungicidas sítio-específicos. Para acompanhar a sensibilidade do fungo, experimentos com ingredientes ativos isolados de diferentes grupos têm sido realizado nas diferentes regiões produtoras. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência de diferentes ingredientes ativos isolados no controle da ferrugem-asiática da soja em Londrina, PR, na safra 2022/2023.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em Londrina, PR, na fazenda experimental da Embrapa Soja. A cultivar utilizada foi a BMX Compacta IPRO (65i65RSF

IPRO), grupo de maturação 6.5, tipo de crescimento indeterminado, semeada em 5 de dezembro de 2022, em área com sistema de plantio direto sobre palhada de aveia. As primeiras aplicações dos tratamentos (Tabela 1) foram realizadas aos 51 dias após a semeadura (R2) (Fehr; Caviness, 1977), na ausência de sintomas da doença e repetidas em intervalos de 15 dias (R4) e 18 dias (R5.3), num total de três aplicações.

Para a aplicação dos produtos foi utilizado pulverizador costal pressurizado com CO₂, pontas de pulverização XR11002, pressão de 30 libras e volume de calda equivalente a 200 L/ha. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com 11 tratamentos (Tabela 1) e quatro repetições, sendo cada repetição constituída por parcelas com seis linhas de soja com 5 m de comprimento e espaçadas em 0,45 m, considerando-se as quatro linhas centrais como área útil para aplicação dos tratamentos e para as avaliações.

Foram realizadas avaliações periódicas da severidade da ferrugem a partir de R4 até R6 (Fehr; Caviness, 1977). As avaliações foram realizadas estimando-se a severidade nos terços inferior, médio e superior do dossel das plantas, em quatro pontos ao acaso na área útil das parcelas, sendo a média utilizada como a média de severidade da parcela. Quando foi observada desfolha causada pela ferrugem, a severidade foi estimada em 100% para o terço desfolhado para compor a média da parcela. A área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) foi determinada pelo cálculo da integral da curva da severidade da ferrugem.

Ao final do ciclo, as duas linhas centrais das parcelas foram colhidas com a colhedora de parcelas Winterstaiger, para estimativa da produtividade. A produtividade foi estimada em kg/ha, corrigida para 13% de umidade.

Os resultados foram submetidos a análise de variância e quando significativo foi utilizado o teste de Tukey para comparação de médias, utilizando o programa SASM-Agri (Canteri et al., 2001).

Tabela 1. Tratamentos para controle da ferrugem-asiática, *Phakopsora pachyrhizi*, na cultura da soja.

PRODUTO COMERCIAL (ingrediente ativo)	DOSE	
	L ou kg p.c./ha	g i.a./ha
1. TESTEMUNHA	-	-
2. TEBUCO 200 EC (tebuconazol)	0,5	100
3. CIPROCONAZOL (ciproconazol)	0,3	30
4. PROTIOCONAZOLE 250 EC (protioconazol)	0,28	70
5. AZOXISTROBINA COONAGRO 250 SC ¹ (azoxistrobina)	0,24	60
6. ORANIS ¹ (picoxistrobina)	0,24	60
7. IHF-126 ² (metominostrobin)	0,3	60
8. PREVENIL (clorotalonil)	1,5	1.080
9. UNIZEB GOLD3 (mancozebe)	1,5	1.125
10. DIFERE (oxicloreto de cobre)	0,7	411,6
11. FRONWCIDE (fluazinam)	1,0	500

¹Adicionado Ochima 250 mL/ha; ²Adicionado Iharol Gold 0,25 % v/v; ³Adicionado Strides 0,25% v/v

Resultados e Discussão

Na primeira aplicação, não havia sintomas de ferrugem, embora tivessem sintomas em áreas semeadas com soja ao redor do experimento. Os primeiros sintomas de ferrugem no experimento foram observados na segunda aplicação, em R4 (Fehr; Caviness, 1977), sendo a doença que predominou no experimento. As chuvas bem distribuídas após a identificação dos sintomas favoreceram o rápido desenvolvimento da ferrugem, evoluindo de 13,9% em R4 para desfolha completa em R6 nas parcelas testemunha (Tabela 2).

Na avaliação de severidade aos três dias após a segunda aplicação (3 DAA2) todos os tratamentos apresentaram severidade inferior a testemunha sem fungicida (Tabela 2). Em R5.3 (1 DAA3) as maiores severidades ocorreram para os tratamentos com oxicloreto de cobre (T10), ciproconazol (T3), mancozebe (T9) e fluazinam (T11), com controle variando de 54% (T10) a 66% (T11). Em R5.4 a severidade da testemunha foi de 94.5%. As maiores severidades foram observadas para os tratamentos com oxicloreto de cobre (T10), mancozebe (T9), clorotalonil (T8), azoxistrobina (T5) e ciproconazol (T3). Na avaliação de severidade em R6 as maiores severidades aconteceram nos

tratamentos com oxiclreto de cobre (T10), fluazinam (T11), clorotalonil (T8), mancozebe (T9), azoxistrobina (T5) e ciproconazol (T3) e as menores para os tratamentos com protioconazol (T4) e picoxistrobina (T6).

Tabela 2. Severidade de ferrugem-asiática (SE %) aos três dias após a segunda aplicação (3 DAA2 – R4), um DAA3 (R5.3), aos sete DAA3 (R5.4) e aos 15 DAA3 (R6), área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e produtividade (PROD) para os diferentes tratamentos. Londrina, PR, safra 2022/2023.

Ingrediente ativo	R4 3 DAA2 SEV%	R5.3 1 DAA3 SEV%	R5.4 7 DAA3 SEV%	R6 15 DAA3 SEV%	AACPD	PROD (kg/ha)
1. Testemunha	13,9 a	49,7 a	94,5 a	100 a	1838 a	871 cde
2. tebuconazol	3,0 b	14,7 cde	47,3 de	86,5 bc	914 def	1036 bcd
3. ciproconazol	4,5 b	20,9 bc	59,5 bcd	89,1 abc	1105 bcd	989 bcde
4. protioconazol	3,7 b	5,9 f	24,9 f	68,5 e	573 g	1874 a
5. azoxistrobina ¹	2,5 b	10,3 ef	64,2 bcd	93,9 abc	1026 cde	778 cd
6. picoxistrobina ¹	5,2 b	13,5 cdef	39,3 ef	72,9 de	803 f	1238 ab
7. metominostrobina ²	3,3 b	10,2 ef	52,6 de	83,3 cd	897 ef	1146 abc
8. clorotalonil	3,0 b	10,8 def	62,7 bcd	97,9 ab	1039 cde	786 cd
9. mancozebe ³	3,4 b	18,4 bcd	72,4 bc	96,3 ab	1200 bc	742 cd
10. oxiclreto de cobre	4,7 b	22,7 b	74,6 b	98,3 a	1283 b	817 cd
11. fluazinam	2,9 b	16,8 bcde	54,7 cde	98,3 a	1043 cde	712 cd
C.V. %	41,1%	18,3%	12,9%	5,3%	11,7%	6,44%

¹Adicionado Ochima 250 mL/ha; ²Adicionado Iharol Gold 0,25 % v/v; ³Adicionado Strides 0,25% v/v

As menores AACPD ocorreram nos tratamentos com protioconazol (T4), seguido de picoxistrobina (T6), metominostrobina (T7) e tebuconazol (T2). Os maiores valores de AACPD ocorreram nos tratamentos com oxiclreto de cobre (T10), mancozebe (T9) e ciproconazol (T3). As maiores produtividades ocorreram nos tratamentos com protioconazol (T4), picoxistrobina (T6) e metominostrobina (T7). As altas severidades e baixas produtividades evidenciam a menor sensibilidade do fungo a ingredientes ativos isolados, que não são recomendados no campo. A recomendação é utilizar misturas de dois ou mais ingredientes ativos para o controle eficiente da ferrugem-asiática.

Conclusão

Observou-se elevada pressão de ferrugem, com incidência a partir de R4 e baixas produtividades (≤ 1.874 kg/ha) evidenciando a menor eficiência de ingredientes ativos isolados. Ingredientes ativos isolados não são recomendados no controle da ferrugem-asiática em função da menor sensibilidade do fungo aos três principais grupos de fungicidas sítio-específicos.

Entre os inibidores de desmetilação, a menor AACPD ocorreu para protioconazol e entre os inibidores de quinona oxidase, para picoxistrobina e metominostrobin. O controle com fungicidas multissítios pode ter sido prejudicado pelo amplo intervalo entre as aplicações. As maiores produtividades ocorrem nos tratamentos com protioconazol, picoxistrobina e metominostrobin.

Referências

- CANTERI, M. G.; ALTHAUS, R. A.; VIRGENS FILHO, J. S.; GIGLIOTI, E. A.; GODOY, C. V. SASM-Agri – Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v. 1, p. 18-24, 2001.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special report, 80).
- GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M. **Ferrugem-asiática da soja: bases para o manejo da doença e estratégias antirresistência**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 39 p. (Embrapa Soja. Documentos, 428).
- HARTMAN, G. L.; SIKORA, E. J.; RUPE, J. C. Rust. In: HARTMAN, G. L.; RUPE, J. C.; SIKORA, E. J.; DOMIER, L. L.; DAVIS, J. A.; STEFFEY, K. L. (ed.). **Compendium of soybean diseases and pests**. 5th ed. St. Paul, Minnesota: APS Press, 2015, p. 56-58.
- HENNING, A. A.; ALMEIDA, A. M. R.; GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; YORINORI, J. T.; COSTAMILAN, L. M.; FERREIRA, L. P.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M.; DIAS, W. P. **Manual de identificação de doenças de soja**. 5. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 76 p. (Embrapa Soja. Documentos, 256).
- YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M.; FREDERICK, R. D.; COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F.; HARTMAN, G. E.; GODOY, C. V.; NUNES JUNIOR, J. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay. **Plant Disease**, v. 89, p. 675-677, 2005.

Eficiência de fungicidas registrados no controle da ferrugem-asiática da soja em Londrina, PR

EZEQUIEL, M. de J.¹; SANTOS, N. de F.²; GODOY, C. V.³

¹UNOPAR, Bolsista FAPED, Londrina, PR; ²UNOPAR, Bolsista PIBIC/CNPq; ³Pesquisadora, Embrapa Soja.

Introdução

A ferrugem-asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, é a doença mais severa da cultura da soja. O fungo *P. pachyrhizi* é biotrófico, sendo capaz de sobreviver e se multiplicar somente em plantas vivas. Diferentes estratégias são utilizadas no controle da doença, incluindo práticas como a restrição da semeadura na entressafra, por meio do vazio sanitário; a utilização de cultivares precoces e/ou cultivares com gene(s) de resistência; a semeadura após o final do período de vazio sanitário e a utilização de fungicidas (Godoy et al., 2020).

Os sintomas iniciais da ferrugem-asiática são caracterizados por minúsculos pontos mais escuros do que o tecido sadio da folha, de coloração esverdeada a cinza-esverdeada, com correspondente urédia na face inferior da folha. As lesões tendem a apresentar formato angular, delimitadas pelos vasos, podendo atingir 2 mm a 5 mm de diâmetro. Em estágio avançado da doença, observa-se amarelecimento das folhas com intensa desfolha, reduzindo o número de vagens por planta, número de grãos por vagem, tamanho e peso final dos grãos, afetando a produtividade da cultura (Yang et al., 1991).

Desde a safra 2003/2004, ensaios cooperativos em rede vêm sendo realizados para a comparação da eficiência de fungicidas registrados e em fase de registro no controle da ferrugem-asiática. O objetivo deste trabalho é apresentar os resultados do experimento com fungicidas registrados realizado em Londrina, PR. Esse experimento faz parte dos ensaios cooperativos para controle da ferrugem na safra 2022/2023.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na fazenda experimental da Embrapa Soja, em Londrina, PR. A cultivar BMX Compacta IPRO (65i65RSF IPRO), grupo de maturação 6.5 com tipo de crescimento indeterminado, foi semeada em 5 de dezembro de 2022, em área com sistema de plantio direto, sobre palhada de aveia. As primeiras aplicações dos tratamentos (Tabela 1) foram realizadas aos 51 dias após a semeadura (R2) (Fehr; Caviness, 1977), na ausência de sintomas de ferrugem e repetidas em intervalos de 15 dias (R4) e 20 dias (R5.3), num total de três aplicações.

Para a aplicação dos produtos foi utilizado pulverizador costal pressurizado com CO₂, pontas de pulverização XR11002, pressão de 30 libras e volume de calda equivalente a 200 l/ha. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com 16 tratamentos (Tabela 1) e quatro repetições, sendo cada repetição constituída por parcelas com seis linhas de soja com 5 m de comprimento e espaçadas em 0,45 m, considerando-se as quatro linhas centrais como área útil para a aplicação dos tratamentos e para as avaliações. Foi incluído um tratamento com rotação de fungicidas registrados (T16).

Foram realizadas avaliações periódicas da severidade da ferrugem no ensaio a partir de R4 até R6 (Fehr; Caviness, 1977). As avaliações foram realizadas estimando a severidade nos terços inferior, médio e superior do dossel das plantas, em quatro pontos ao acaso na área útil das parcelas, sendo a média utilizada como a média de severidade da parcela. Quando foi observada desfolha causada pela ferrugem, a severidade foi estimada em 100% para o terço desfolhado para compor a média da parcela. A área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) foi determinada pelo cálculo da integral da curva da severidade da ferrugem.

Ao final do ciclo, as duas linhas centrais das parcelas foram colhidas com a colhedora de parcelas Winterstaiger, para estimativa da produtividade. A produtividade foi estimada em kg/ha, a 13% de umidade. Os resultados foram submetidos a análise de variância e quando significativo foi utilizado o teste de Tukey para comparação de médias, utilizando o programa SASM-Agri (Canteri et al., 2001).

Tabela 1. Tratamentos para controle da ferrugem-asiática, *Phakopsora pachyrhizi*, na cultura da soja.

PRODUTO COMERCIAL (ingrediente ativo)	DOSES	
	L – kg p.c./ha	g i.a./ha
1. Testemunha	-	-
2. Approach power (picoxistrobina + ciproconazol)	0,6	54 + 24
3. Fusão ¹ (metominostrobinina + tebuconazol)	0,725	79,75 + 119,63
4. Blavity ² (protioconazol + fluxapiroxade)	0,25	70+ 50
5. Fox Supra ³ (protioconazol + impirfluxam)	0,35	84 + 42
6. Excalia Max ⁴ (tebuconazol + impirfluxam)	0,7	140 + 42
7. Mitrium (protioconazol + benzovindiflupir)	0,45	67,5 + 33,75
8. Elatus5 (azoxistrobina + benzovindiflupir)	0,2	60 + 30
9. Fox Xpro ³ (bixafen + protioconazol + trifloxistrobina)	0,5	62,5 + 87,5 + 75
10. Ativum ² (piraclostrobina + epoxiconazol + fluxapiroxade)	0,8	65 + 40 + 40
11. Fezan Gold ⁶ (tebuconazol + clorotalonil)	2,5	125 + 1.125
12. Sugoy ¹ (impirfluxan + metominostrobinina + clorotalonil)	2,0	34,2+ 68,6 + 1.142,8
13. Armero ⁷ (mancozebe + protioconazol)	2,25	90 + 1.125
14. Evolution ⁸ (azoxistrobina + protioconazol + mancozebe)	2,0	75 + 75 + 1.050
15. Almada ⁷ (protioconazol + fluxapiroxade + mancozebe)	2,0	63 + 45 + 880
16. Programa ⁹ (T3 + Absoluto Fix 1,5 l/ha/T15/ T6+Tróia 1,5 kg/ha)		

¹Adicionado Itharol Gold 0,25% v/v; ²Adicionado Mees 0,25% v/v; ³Adicionado Áureo 0,25% v/v; ⁴Adicionado Agris 0,5 L/ha; ⁵Adicionado Ochima 0,25 L/ha; ⁶Adicionado Partner 50 mL/ha; ⁷Adicionado Rumba 0,25 L/ha; ⁸Adicionado Strides 0,25% v/v. ⁹Tratamentos aplicados em sequência.

Resultados e Discussão

Na primeira aplicação dos fungicidas não foram observados sintomas da ferrugem-asiática no experimento, embora tivessem sintomas de ferrugem em áreas semeadas com soja ao redor. Os primeiros sintomas de ferrugem no experimento foram observados na segunda aplicação, em R4 (Fehr; Caviness, 1977), sendo a doença que predominou no experimento. As aplicações foram

realizadas em 25/01/2023 (51 dias após a semeadura, R2), 09/02/2023 [15 dias após a primeira aplicação (DAA1) – R4] e 28/02/2023 (20 DAA2 – R5.3). Em razão do excesso de dias com chuva, o intervalo entre a segunda e a terceira aplicação de fungicidas foi maior do que o estabelecido no protocolo inicial.

Na avaliação de severidade aos quatro dias após a segunda aplicação (4 DAA2), todos os tratamentos apresentaram severidade menor do que a testemunha sem fungicida (Tabela 2). Em R5.3 (18DAA2), as maiores severidades ocorreram para os tratamentos com Aproach Power (T2), Elatus (T8) e Ativum (T10). Aos 7DAA3, a severidade na testemunha foi de 89,4%. A maior severidade entre os tratamentos ocorreu no tratamento com Elatus (T8), seguido de Fezan Gold (T11), Ativum (T10) e Aproach Power (T2). Na avaliação aos 15 DAA3 as maiores severidades ocorreram nos tratamentos com Elatus (T8), Ativum (T10), Fezan Gold (T11) e Aproach Power (T2) e as menores para os tratamentos com Almada (T15), para o programa com rotação de fungicidas (T16), Armero (T13), Evolution (T14), Fox Xpro (T9) e Fox Supra (T5).

As menores AACPD ocorreram nos tratamentos com Almada (T15), para o programa com rotação de fungicidas (T16), Armero (T13), Evolution (T14) e Fox Supra (T5). O maior valor de AACPD ocorreu no tratamento com Elatus (T8).

As maiores produtividades foram observadas nos tratamentos com Almada (T15), Fox Supra (T5), Mitrium (T7), Blavity (T4), Evolution (T14), para o programa com rotação de fungicidas (T16), Fox Xpro (T9), Excalia Max (T6) e Armero (T13). Todos tratamentos apresentaram produtividades superiores a testemunha sem fungicida. A correlação entre a variável AACPD e a produtividade foi de $r=-95$.

Tabela 2. Severidade de ferrugem (SEV%) em R4, R5.3, R5.4 e R6, área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e produtividade (PROD kg/ha).

PRODUTO COMERCIAL	R4 4 DAA2 SEV%	R5.3 18 DAA2 SEV%	R5.4 7 DAA3 SEV%	R6 15 DAA3 SEV%	AACPD	PROD kg/ha
1. Testemunha	11,6 a	51,3 a	89,4 a	100,0 a	1794 a	804 f
2. Approach Power	0,8 b	12,3 b	23,0 cd	69,4 b	604 c	2222 de
3. Fusão ¹	0,9 b	7,4 cd	16,3 de	53,5 c	435 d	2526 bcd
4. Blavity ²	0,6 b	4,1 de	9,3 efg	36,0 de	269 ef	3127 a
5. Fox Supra ³	0,6 b	2,0 e	8,8 efg	26,5 efg	204 efg	3260 a
6. Excalia Max ⁴	0,5 b	3,8 de	10,4 efg	35,0 def	270 ef	2917 ab
7. Mitrium	0,7 b	3,7 de	11,6 efg	42,4 cd	309 de	3132 a
8. Elatus ⁵	0,7 b	14,4 b	39,8 b	80,0 b	803 b	1812 e
9. Fox Xpro ³	0,4 b	2,9 de	6,7 fg	33,0 defg	221 efg	2929 ab
10. Ativum ²	0,7 b	9,8 bc	29,5 c	76,4 b	656 c	2362 cd
11. Fezan Gold ⁶	0,9 b	6,7 cde	26,8 c	74,2 b	594 c	2084 de
12. Sugoy ¹	0,6 b	2,5 e	15,4 def	40,0 d	316 de	2470 bcd
13. Armero ⁷	0,3 b	2,8 de	5,7 g	21,9 fgh	166 fg	2880 abc
14. Evolution ⁸	0,5 b	3,0 de	7,4 efg	25,9 efg	201 efg	2969 ab
15. Almada ⁷	0,3 b	2,4 e	3,9 g	17,0 h	128 g	3306 a
16. Programa ⁹	0,4 b	4,1 de	4,9 g	20,6 gh	171 fg	2944 ab
C.V. %	78,7 %	22,5 %	18,1 %	10,9 %	78,7 %	7,75 %

¹Adicionado Iharol Gold 0,25% v/v; ²Adicionado Mees 0,25% v/v; ³Adicionado Áureo 0,25% v/v; ⁴Adicionado Agris 0,5 L/ha; ⁵Adicionado Ochima 0,25 L/ha; ⁶Adicionado Partner 50 mL/ha; ⁷Adicionado Rumba 0,25 L/ha; ⁸Adicionado Strides 0,25% v/v; ⁹Programa: T3 + Absoluto Fix 1,5 L/ha/T15/ T6+ Tróia 1,5 kg/ha aplicados em seqüência. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05%).

Conclusão

No experimento em Londrina ocorreu elevada pressão de ferrugem, com incidência a partir de R4 e 76% de redução de produtividade na testemunha sem fungicida. As menores AACPD ocorreram nos tratamentos com Almada (T15), para o programa com rotação de fungicidas (T16), Armero (T13), Evolution (T14) e Fox Supra (T5). O maior valor de AACPD ocorreu no tratamento com Elatus (T8). As maiores produtividades foram observadas nos tratamentos com Almada (T15), Fox Supra (T5), Mitrium (T7), Blavity (T4), Evolution (T14), para o programa com rotação de fungicidas (T16), Fox Xpro (T9), Excalia Max (T6) e Armero (T13).

Referências

- CANTERI, M. G.; ALTHAUS, R. A.; VIRGENS FILHO, J. S.; GIGLIOTTI, E. A.; GODOY, C. V. SASM-Agri – Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v. 1, p. 18-24, 2001.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special report, 80).
- GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M. **Ferrugem-asiática da soja**: bases para o manejo da doença. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 38 p. (Embrapa Soja. Documentos, 428).
- YANG X. B.; TSCHANZ A. T.; DOWLER W. M.; WANG T. C. Development of yield loss models in relation to reductions of components of soybeans infected with *Phakopsora pachyrhizi*. **Phytopathology**, v. 81, p. 1420-1426, 1991.

Comparação entre índices de vegetação RGB e NDVI obtidos por câmera multiespectral acoplada a VANT na avaliação da condição hídrica da cultura da soja

SILVA, B. M. da¹; CRUSIOL, L. G. T.²; SIBALDELLI, R. N. R.³; FARIAS, J. R. B.⁴

¹UNOPAR, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR; ²Pesquisador Visitante, Embrapa Soja; ³Laboratório de Agrometeorologia, Embrapa Soja; ⁴Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

A soja é uma das culturas mais importantes do mundo, com papel fundamental na segurança alimentar, como fonte de proteína vegetal para alimentação humana e animal, e com relevante impacto na economia nacional. Contudo, estima-se que mais de 80% das perdas de produtividade de culturas em todo o mundo seja decorrente de eventos de seca (FAO, 2021). No Brasil, maior produtor mundial de soja, períodos de seca são responsáveis por perdas superiores a 30% na produção da oleaginosa (Sentelhas et al., 2015). Diante desse cenário, torna-se necessário desenvolver tecnologias e estratégias que permitam a adaptação à seca. Assim, o uso de drones (veículo aéreo não tripulado – VANT) tem se tornado cada vez mais comum para o monitoramento agrícola. Essas aeronaves não tripuladas permitem coletar dados precisos e em tempo real, possibilitando a tomada de decisões mais eficientes e precisas. Nos próximos anos, o mercado global de serviços com drones deverá movimentar cerca de US\$ 127 bilhões (PwC, c2020).

Uma das principais contribuições dos VANTs na agricultura é a geração de índices de vegetação com as imagens capturadas. O índice de vegetação (IV) é uma formulação matemática a partir de bandas espectrais de uma imagem, indicando a presença de vegetação em uma determinada área, podendo, também, subsidiar inferências sobre as condições de desenvolvimento da lavoura (Sakamoto, 2020). Na agricultura, o índice mais tradicional e mais utilizado é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI), proposto por Rouse et al. (1974) e calculado a partir da diferença normalizada das reflectâncias nas bandas vermelho (*Red*) e infravermelho próximo (*Near Infrared* – NIR). Como resultado,

o NDVI oscila de -1 a 1, sendo que valores próximos de 1 indicam uma alta densidade de vegetação.

Embora o NDVI seja o IV mais utilizado no monitoramento agrícola, existem na literatura científica centenas de IVs que se utilizam de diferentes bandas espectrais e diferentes formulações matemáticas para seus cálculos (Crusiol et al., 2022). Como exemplo, o GRVI (*Green Red Vegetation Index*) (Tucker, 1979) é obtido pela mesma formulação do NDVI, porém com a substituição da banda NIR pela banda verde (*green*). De forma semelhante, o VARI (*Visible Atmospherically Resistant Index*) (Stow et al., 2005) é calculado de forma similar ao GRVI, porém com a utilização da banda azul (*blue*) na expressão matemática.

O cálculo do NDVI requer a utilização da banda NIR, disponível em câmeras específicas e com custo superior às câmeras RGB (imagem visível – *Red, Green, Blue*). Tais câmeras (RGB) são comumente disponíveis em drones de menor complexidade e, comumente com menor custo. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho de IVs (utilizando bandas RGB e NIR) obtidos por câmera multiespectral acoplada a VANT para o monitoramento da cultura da soja sob diferentes níveis de disponibilidade hídrica.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado na safra 2022/2023 nos campos experimentais da Embrapa Soja, localizada no município de Londrina, PR. No experimento, em delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições, foram avaliados quatro tratamentos: irrigado (IRR), não irrigado (NIRR), déficit hídrico no período vegetativo (DHV) e reprodutivo (DHR). As parcelas DHV e DHR foram instaladas sob abrigos móveis, programados para fecharem sempre que ocorressem precipitações pluviométricas superiores a 0,1mm dentro da área experimental. A semeadura ocorreu em 25/10/2022; o déficit no vegetativo foi induzido entre 05/12/2022 e 09/01/2023, momento no qual se iniciou o déficit no reprodutivo, permanecendo assim até 08/02/2023. Durante a condução do experimento, não houve necessidade de irrigação e, portanto, IRR e NIRR estavam sob as mesmas condições de disponibilidade hídrica. As condições de cultivo seguiram as recomendações da Embrapa Soja.

No dia 19/01/2023, foram coletadas imagens aéreas da área experimental utilizando a câmera multiespectral Altum (MicaSense – AgEagle Aerial Systems Inc.) acoplada ao veículo aéreo não tripulado (VANT) quadricóptero modelo Spectral, fabricado pela Nuvem UAV. A câmera Altum possui seis bandas espectrais: azul (*blue*), verde (*green*), vermelho (*red*), vermelho limítrofe (*red-edge*), infravermelho próximo (*near-infrared*) e termal. O voo realizado entre 10 e 12 horas, com altura de 60 metros e resolução espacial de 2 centímetros, cumpriu com todos os requisitos legais junto aos órgãos de controle do espaço aéreo.

As imagens obtidas foram processadas por meio dos softwares Metashape e QGis e foram calculados, conforme as equações a seguir, os índices NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), GRVI (*Green Red Vegetation Index*) and VARI (*Visible Atmosphericly Resistant Index*):

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

$$GRVI = \frac{(Green - Red)}{(Green + Red)}$$

$$VARI = \frac{(Green - Red)}{(Green + Red - Blue)}$$

onde: NIR = reflectância da banda infravermelho próximo; Red = reflectância da banda vermelho; Green = reflectância da banda verde; e Blue = reflectância da banda azul.

Posteriormente, foram extraídos, para cada parcela experimental ($n = 16$), os valores médios dos IVs calculados, cujos valores foram correlacionados e avaliados pelo coeficiente de correlação linear de Pearson.

Resultado e Discussão

Na Figura 1 estão apresentadas a imagem visível / RGB (a), com a delimitação das parcelas amostradas (linhas vermelhas); e as imagens derivadas dos cálculos dos índices de vegetação NDVI (b), VARI (c) e GRVI (d). Para todos os IVs avaliados, observou-se ampla capacidade para ressaltar a presença de vegetação (dossel da soja) em relação ao solo, palhada e edificações.

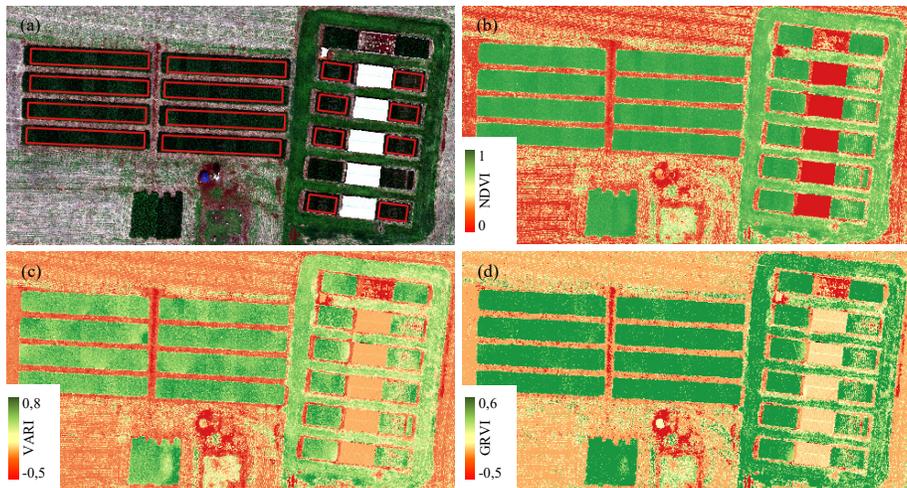


Figura 1. Imagem visível / RGB da área experimental com a delimitação das parcelas amostradas (linhas vermelhas) (a); imagem NDVI (b), VARI (c) e GRVI (d).

A Figura 2 apresenta a correlação entre os índices NDVI e GRVI (a), NDVI e VARI (b) e GRVI e VARI (c). Para os três IVs avaliados, menores valores foram observados para o tratamento DHV, submetido ao déficit hídrico por um período de 35 dias. Com valores mais elevados, os demais tratamentos (NIRR e DHR) apresentaram comportamento muito próximo entre si, mesmo com o déficit hídrico induzido no tratamento DHR por um período de 10 dias. É importante ressaltar que DHV pôde ser distinguido dos demais tratamentos tanto pelo NDVI, tradicionalmente utilizado para monitoramento agrícola, quanto pelo GRVI e VARI, índices que não requerem a utilização da banda NIR.

O coeficiente Pearson revelou forte correlação do NDVI com GRVI (0,961) e VARI (0,964), sendo a mais forte correlação observada entre GRVI e VARI (0,996). Destaca-se que os valores numéricos diferem entre os IVs calculados, uma vez que utilizam diferentes bandas espectrais para seu cálculo.

Esses resultados demonstram a eficiência de IVs compostos por bandas espectrais RGB no monitoramento agrícola, com resultados competitivos com o IV tradicionalmente utilizado (NDVI), expandindo, assim, as possibilidades de aquisição de informações espectrais da cultura da soja por meio de equipamentos (VANT e câmeras) menos complexos, mais compactos e com preço bem mais acessível. Adicionalmente, os resultados obtidos apontam, também, a possibilidade de utilização de sensores (câmeras RGB) em ambientes controlados, como casas de vegetação e laboratórios.

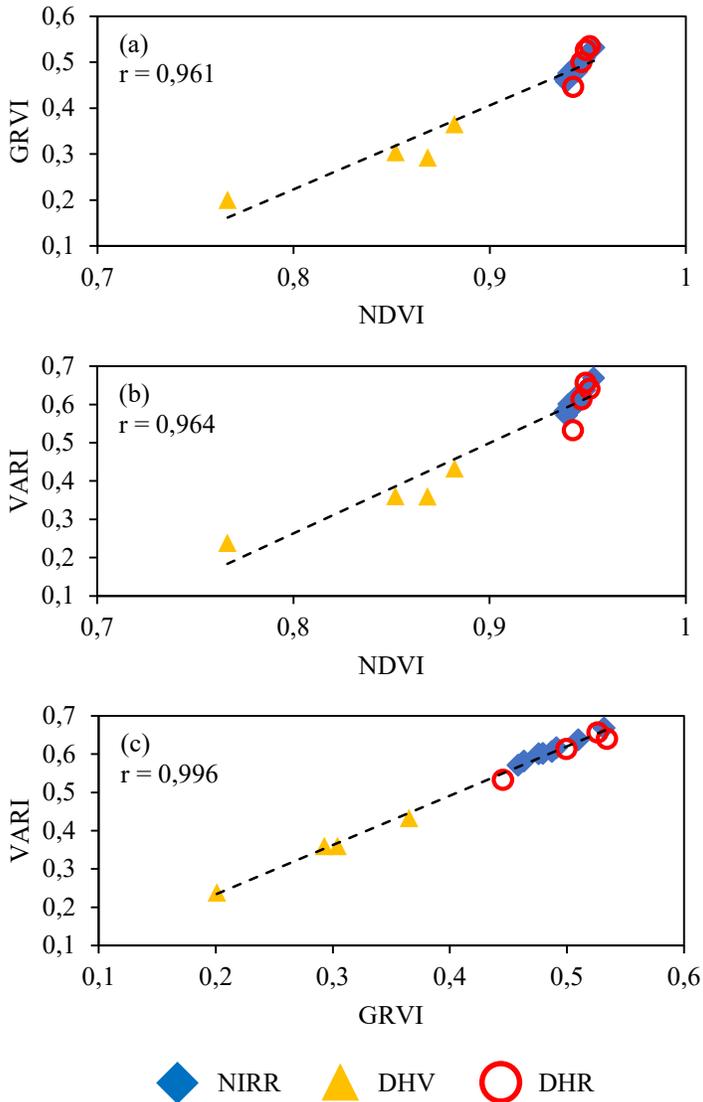


Figura 2. Correlação entre os índices NDVI e GRVI (a), NDVI e VARI (b) e GRVI e VARI (c) com categorização dos tratamentos não irrigado (NIRR), déficit hídrico no período vegetativo (DHV) e déficit hídrico no período reprodutivo (DHR).

Conclusão

Imagens multiespectrais obtidas por VANT podem fornecer, a partir da combinação de diferentes bandas espectrais, diversos índices de vegetação para auxiliar o monitoramento da condição hídrica de plantas de soja. Com comportamento muito semelhante, NDVI, GRVI e VARI foram capazes de apontar valores inferiores para o tratamento DHV. Índices de vegetação que utilizam somente bandas RGB apresentaram forte correlação com o tradicional NDVI, IV mais utilizado no monitoramento agrícola, indicando, assim, uma alternativa ao NDVI na ausência de imagem NIR e dispensando o uso de sistemas sensores complexos e de elevado custo.

Referências

CRUSIOL, L. G. T.; NANNI, M. R.; SIBALDELLI, R. N. R.; FURLANETTO, R. H.; SUN, L.; SUN, Z.; GONCALVES, S. L.; FOLONI, J. S. S.; MERTZ-HENNING, L. M.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B. Otimização do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) para monitoramento da produtividade da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 9., 2022, Foz do Iguaçu, PR. **Desafios para a produtividade sustentável no Mercosul**: resumos. Brasília, DF: Embrapa, 2022. resumo 36. p. 53.

FAO. **Statistical yearbook 2021**. Rome, 2021. DOI:10.4060/cb4477en.

PWC - PricewaterhouseCoopers Brasil Ltda. **PwC aponta os principais desafios da indústria**. c2020. Disponível em: <https://www.pwc.com.br/pt/sala-de-imprensa/noticias/futuro-da-industria.html>. Acesso em: 14 abr. 2023.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: FREDEN, S.C.; MERCANTI, E.P.; BECKER, M. (ed.). **Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium**. Volume I: Technical Presentations. Washington, D.C.: NASA, 1974. p. 309-317.

SAKAMOTO, T. Incorporating environmental variables into a MODIS-based crop yield estimation method for United States corn and soybeans through the use of a random forest regression algorithm. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 160, p. 208-228, 2020.

SENTELHAS, P. C.; BATTISTI, R.; CÂMARA, G. M. S.; FARIAS, J. R. B.; HAMPF, A. C.; NENDEL, C. The soybean yield gap in Brazil—magnitude, causes and possible solutions for sustainable production. **The Journal of Agricultural Science**, v. 153, p. 1394-1411, 2015.

STOW, D.; NIPHADKAR, M.; KAISER, J. MODIS-derived visible atmospherically resistant index for monitoring chaparral moisture content. **International Journal of Remote Sensing**, v. 26, n. 17, p. 3867-3873, 2005.

TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v. 8, p. 127-150, 1979.

Silenciamento gênico via CRISPR/Cas de fatores antinutricionais da soja visando melhoria da digestibilidade animal

FIGLIANO, G. C.¹; POLIZELI, S. R. A.¹; HOSHINO, R. T.²; MARIN, S. R. R.³; MERTZ-HENNING, L.M.⁴; NEPOMUCENO, A. L.⁴

¹UEL - Universidade Estadual de Londrina, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR; ²Bolsista Funarbe/Embrapa Soja; ³Analista, Embrapa Soja; ⁴Pesquisador(a), Embrapa Soja.

Introdução

O Brasil ocupa a posição de maior produtor mundial de soja, com uma produção aproximada de 155 milhões de toneladas de soja produzidas na safra 2022/2023 (Conab, 2023), a qual é destinada principalmente para a alimentação animal. No entanto, a introdução da soja nas rações de animais monogástricos como suínos e aves, apresenta limitações em virtude da presença de fatores antinutricionais (FA), que dificultam a atuação de enzimas digestivas, causando danos à parede intestinal com diminuição da digestibilidade dos nutrientes e conseqüentemente, prejudicando os resultados de desempenho zootécnicos (Nunes et al., 2001; Brito et al., 2006). Em outras palavras, a soja se consolidou como fonte proteica das rações animais, apesar de apresentar componentes antagônicos que impedem a utilização de seu potencial nutritivo por completo, levando a um menor aproveitamento da ração e queda na produtividade desse setor.

Para a utilização da soja como constituinte efetivo na alimentação humana e animal há necessidade de processamento térmico adequado a fim de inativar os FAs. Entretanto, esses procedimentos apresentam alto custo, e o calor excessivo pode resultar na perda de aminoácidos essenciais e na alteração de propriedades benéficas da soja. Por outro lado, podem deixar resíduos de FAs quando não conduzidos de forma satisfatória. Assim, tanto o sub quanto o super processamento são prejudiciais para o desempenho animal (Café et al., 2000; Rodrigues et al., 2002; Brito et al., 2006). Portanto, fica evidente a importância do estudo dos FAs e das principais estratégias utilizadas para diminuir e/ou eliminar o efeito desses compostos na nutrição de animais monogástricos, visando melhorar a digestibilidade dos nutrientes e o valor de energia metabolizável da ração.

A manipulação genética desses FAs possibilita limitar a atividade inibitória. Trabalhos reportam a manipulação genética desses genes em linhagens de soja por meio de melhoramento genético via hibridação, tanto no Brasil (Moraes et al., 2006; Brune et al., 2010) como na literatura internacional (Schmidt et al., 2015). Estudos foram realizados para desenvolver genótipos de soja com quantidades baixíssimas ou nulas de fatores antinutricionais (Krishnan; Kim, 2003; Donald et al., 2007; Carpentieri-Pipolo, 2015), portanto, esses genes já foram funcionalmente caracterizados na cultura de interesse.

O método mais utilizado para transferir um alelo de um doador para um genótipo elite é o retrocruzamento; entretanto, o processo é laborioso e consome muito tempo e recursos, particularmente para alelos recessivos. Além disso, na maioria das situações o doador não é uma linhagem adaptada, sendo provável que ocorra a passagem de genes indesejáveis. Isso explica a inexistência de cultivares de soja com essa característica no mercado atual. Uma alternativa para superar esse cenário adverso é a utilização de ferramentas de edição de genomas, como CRISPR/Cas, para geração de cultivares de soja com essas características.

Neste trabalho visamos utilizar o sistema CRISPR/Cas para aumentar a velocidade da geração de cultivares de soja altamente produtivas com alelo nulo de um fator antinutricional da soja.

Material e Métodos

Identificação do gene alvo, síntese e clonagem do RNA guia (gRNA)

A sequência do gene alvo da edição foi obtida a partir do banco de dados do Phytozome e comparada nas duas versões do genoma de soja disponíveis *Glycine max* a2.v1 e *Glycine max* a4.v1 (Phytozome v13). Posteriormente essa sequência foi alinhada com o genoma da cultivar de soja BRS 537 (cultivar utilizada no processo de edição), apresentando 100% de similaridade. Realizou-se a caracterização do gene alvo na soja a fim de identificar a presença de cópias e parálogos. Para isso, fez-se a busca da sequência de aminoácidos dos genes pertencentes a família interesse no banco de dados Phytozome v13, a partir do genoma referência da soja (Wm82.a2.v1 e Wm82.

a4.v1). Em seguida, realizou-se o alinhamento das sequências e a construção da árvore filogenética através dos softwares Muscle (Edgar, 2004) e iTOL (Letunic; Bork, 2019), respectivamente. A porcentagem de similaridade físico-química foi obtida a partir do software Persephone¹.

Posteriormente realizou-se o desenho dos gRNAs para o gene de interesse por meio do software CRISPRDirect (Naito et al., 2015). Foram selecionados os guias mais promissores e altamente específicos, com ausência de *off-targets* na região do guia + PAM. Em seguida esses gRNAs foram clonados em um vetor binário capaz de se multiplicar tanto em *Escherichia coli* quanto em *Agrobacterium tumefaciens*. O vetor contém os seguintes elementos: sequência para expressar a enzima Cas9 sob controle do promotor 35S do *Cauliflower mosaic virus* (CaMV), sequência do gene *Bar* (marcador de seleção) que confere resistência ao herbicida glufosinato de amônio também sob controle do promotor 35S, além de dois gRNAs do gene alvo na soja sob controle do promotor U6 de *Arabidopsis thaliana*.

Transformação genética e caracterização molecular das plantas obtidas

A construção gênica contendo todos os elementos necessários para expressão do sistema CRISPR/Cas e os dois gRNAs do gene alvo foi inserida em soja por meio de transformação genética via *Agrobacterium tumefaciens*, seguida da regeneração por cultura de tecidos via organogênese, gerando plantas na geração T0. Essas plantas foram caracterizadas por meio de PCR para confirmação da presença da maquinaria da Cas9 e posteriormente realizou-se o sequenciamento para confirmação da edição. Para tal, foi realizado em sequenciador ABI 3530 DNA Analyzer Applied Biosystems com a utilização do kit de sequenciamento *BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing* (Invitrogen, EUA) de acordo com as instruções do fabricante.

Resultados e Discussão

Pela análise *in silico* foram identificados 21 genes pertencentes a família de interesse e que apresentaram o domínio característico. A similaridade físico-química da sequência proteica do gene mais próximo ao gene editado foi de 62%, indicando que se trata de um gene de cópia única.

¹ <https://web.persephonesoft.com>

A análise das plantas na geração T0 por meio de PCR convencional indicou a presença da maquinaria da enzima Cas, o que demonstra que as plantas foram transformadas com o vetor de interesse. Em seguida, confirmou-se a ocorrência de edição através do sequenciamento da região do alvo. As plantas na geração T0 geralmente apresentam inserção do vetor em apenas um dos cromossomos (hemizigotas para o vetor). Dessa forma, por meio do avanço de geração através de autofecundação foi possível selecionar uma planta editada sem a inserção do vetor no final do processo, a qual foi denominada Evento AF12-13. Como resultado da edição foi encontrada apenas mutação na região do gRNA 2 do gene alvo, originando novo alelo.

A análise do resultado do sequenciamento da região alvo da edição foi realizada através software ICE (Synthego - CRISPR Performance Analysis), uma ferramenta que permite analisar dados de edição a partir de resultados de sequenciamento pelo método de Sanger. A ferramenta compara a sequência da região alvo da edição do alelo selvagem com a sequência da planta editada e gera dados sobre a eficiência e o tipo de edição. A mutação identificada no evento AF12-13 consiste na deleção de quatro nucleotídeos.

Por meio do software Muscle² foi possível prever os efeitos na proteína em decorrência da mutação gerada. A deleção dos 4 nucleotídeos alterou o quadro de leitura (frameshit) modificando a tradução a partir do ponto em que ocorreu a mutação e alterando a sequência de aminoácidos da proteína. Essas modificações afetam a estabilidade da proteína. Conforme análise pelo software ExPASy³, as mudanças em decorrência da mutação fazem com que a proteína seja classificada como instável, caracterizando uma proteína não funcional. Dessa maneira, a ferramenta CRISPR/Cas foi eficiente em gerar uma nova mutação para obtenção de soja com redução nos fatores antinutricionais.

² <https://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/muscle/>

³ <https://web.expasy.org/cgi-bin/protparam/protparam>

Referências

- BRITO, C. O.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; GOMES, P. C.; DIONIZIO, M. A.; CARVALHO, D. C. O. Adição de complexo multienzimático em dietas à base de soja extrusada e desempenho de pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 457-461, 2006.
- BRUNE, M. F. S. S.; PINTO, M. D. O.; PELUZIO, M. D. C. G.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. D. Biochemical and nutritional evaluation of a soybean line lacking the Kunitz trypsin inhibitor and lectins. **Food Science and Technology**, v. 30, p. 657-663, 2010.
- CAFÉ, M. B.; SAKOMURA, N. K.; JUNQUEIRA, O. M.; CARVALHO, M. R. B.; DEL BIANCHI, M. Determinação do valor nutricional das sojas integrais processadas para aves. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 2, n. 1, 2000. DOI: 10.1590/S1516-635X2000000100010.
- CARPENTIERI-PIPOLO, V. UEL 175: a novel lipoxygenase-free soybean cultivar with kunitz trypsin inhibitor absence. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 15, n. 3, p. 191-192, 2015.
- CONAB. **Boletim da safra de grãos: 8º levantamento – safra 2022/23**. Brasília, DF, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 15 maio 2023.
- DONALD, L.; VADIM, B.; MARINA, K.; MONICA, A.; SCHMIDT, E. M.; HERMAN, N. C. Reduction of protease inhibitor activity by expression of a mutant Bowman-Birk gene in soybean seed. **Plant Molecular Biology**, v. 64, p. 397-408, 2007.
- EDGAR, R. C. MUSCLE: multiple sequence alignment with high accuracy and high throughput. **Nucleic Acids Research**, v. 32, n. 5, p. 1792-1797, 2004.
- KRISHNAN, H. B.; KIM, W. S. A four-nucleotide base-pair deletion in the coding region of the Bowman-Birk protease inhibitor gene prevents its accumulation in the seeds of glycine microphylla PI440956. **Planta**, n. 217, p. 523-527, 2003.
- LETUNIC, I.; BORK, P. Interactive Tree Of Life (iTOL) v4: recent updates and new developments. **Nucleic Acids Research**, v. 47, n. W1, p. W256-W259, 2019.
- MORAES, R. M. A. de; SOARES, T. C. B.; COLOMBO, L. R.; SALLA, M. F. S.; BARROS, J. G. de A.; PIOVESAN, N. D.; BARROS, E. G. de; MOREIRA, M. A. Assisted selection by specific DNA markers for genetic elimination of the kunitz trypsin inhibitor and lectin in soybean seeds. **Euphytica**, v. 149, n. 1, p. 221-226, 2006.
- NAITO, Y.; HINO, K.; BONO, H.; UI-TEI, K. CRISPRdirect: software for designing CRISPR/Cas guide RNA with reduced off-target sites. **Bioinformatics**, v. 31, n. 7, p. 1120-1123, 2015.
- NUNES, R. V.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C.; TOLEDO, R. S. Composição bromatológica, energia metabolizável e equações de predição da energia do grão e de subprodutos do trigo para pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 785-793, 2001.
- RODRIGUES, P. B.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C.; NUNES, R. V.; TOLEDO, R. S. Valores energéticos da soja e subprodutos da soja, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 4, p. 1771-1782, 2002.
- SCHMIDT, M. A.; HYMOWITZ, T.; HERMAN, E. M. Breeding and characterization of soybean triple null; a stack of recessive alleles of kunitz trypsin inhibitor, soybean agglutinin, and P34 allergen nulls. **Plant Breeding**, v. 134, n. 3, p. 310-315, 2015.

Determinação de doses para testes de sensibilidade de micoparasitas de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas

MOREIRA, V. B.¹, SCOLIN, L. B.², FANTINATO, G. G. P.³, DINIZ, L. E. C.⁴; SEIXAS, C. D. S.⁴

¹Universidade Pitágoras Unopar Anhanguera, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR, vanessa.moreira@colaborador.embrapa.br; ²Doutorando UEL; ³Analista, Embrapa Soja; ⁴Pesquisador(a), Embrapa Soja

Introdução

Uma das doenças mais severas que incide na cultura da soja é a ferrugem-asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*. Esse patógeno pode gerar perdas de até 90% de produtividade na cultura (Hartman et al., 2015).

Uma das estratégias de manejo é o controle químico, mas o amplo uso de fungicidas sítio-específicos tem ocasionado a redução da sensibilidade do fungo a esses produtos (Schmitz et al., 2014; Klosowski et al., 2016; Simões et al., 2018). Dessa forma, além de estimular o adequado uso desses produtos, têm sido estudadas outras estratégias de controle, entre elas o controle biológico.

O controle biológico pode ser definido como o controle de um microrganismo por meio de outro microrganismo (Morandi et al., 2006). Em plantas de soja cultivadas em casa de vegetação, com sintomas de ferrugem-asiática, foi observado crescimento fúngico sobre urédias de *P. pachyrhizi*. Foram obtidos vários isolados a partir dessas urédias e foi constatado que havia mais de uma espécie de fungo associada a essas estruturas de *P. pachyrhizi*. Esses micoparasitas foram caracterizados morfológicamente e a espécie está sendo determinada por técnicas moleculares.

Algumas características são importantes num agente de controle biológico: devem ser geneticamente estáveis e não sofrer variação em suas atividades antagônicas entre as gerações; crescer em meios de cultivo de baixo custo, fácil aquisição e de fácil produção; serem efetivos em baixas concentrações; serem compatíveis com outros métodos de controle, como químico e cultural e não serem patogênicos ao homem, nem às plantas (Medeiros et al., 2018).

Vários estudos têm sido conduzidos para verificar o potencial desses fungos para controle biológico de *P. pachyrhizi*, entre eles a determinação da sensibilidade a fungicidas, cuja finalidade é averiguar a compatibilidade do uso desses micoparasitas com o controle químico. Para avaliar a sensibilidade a fungicidas é utilizada a CE50, ou seja, a concentração efetiva para inibir 50% do crescimento ou da germinação do fungo. A CE50 é estimada por meio do ajuste da curva-resposta do organismo-alvo a uma série de concentrações do produto (Brown, 2006).

O objetivo deste trabalho foi determinar as doses de fungicidas para a realização de testes de sensibilidade de micoparasitas a princípios ativos utilizados na cultura da soja.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado no Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Soja, em Londrina, PR.

Para determinar as doses para posterior avaliação da sensibilidade dos micoparasitas aos fungicidas foram utilizados seis isolados da Coleção de Microrganismos de Interesse para a Agricultura da Embrapa Soja (CMES), sendo eles, CMES 936, CMES 937, CMES 2107, CMES 2108, CMES 2253 e CMES 2254. Todos os isolados foram obtidos de urédias de *P. pachyrhizi*.

Os fungicidas testados foram formulações comerciais dos grupos dos inibidores de desmetilação (IDM), dos inibidores de quinona externa (IQe), dos metil benzimidazol carbamato (MBC) e dos inibidores de succinato desidrogenase (ISDH) (Tabela 1). Os produtos foram utilizados nas concentrações de 0 ppm; 0,01 ppm; 2 ppm e 10 ppm. Para descrever modelos de dose-resposta, é recomendado explorar uma ampla faixa de doses do produto testado, sendo utilizadas seis ou mais doses do fungicida, normalmente. No presente trabalho, após a avaliação dos fungos em cada fungicida, serão determinadas as doses com base no resultado do isolado mais sensível.

Tabela 1. Fungicidas utilizados no teste: grupo químico, princípio ativo, produto comercial, empresa e dose.

Grupo químico	Princípio-ativo	Produto comercial, empresa	Dose
IDM	protioconazol	NFK 57®, Oxon Química	250 g L ⁻¹
	tebuconazol	Tebufort®, UPL S.A.	200 g L ⁻¹
IQe	picoxistrobina	Oranis®, DuPont S.A.	250 g L ⁻¹
MBC	carbendazim	Carbendazim Nortox®, Nortox Ltda.	500 g L ⁻¹
ISDH	bixafen	Bixafen EC 125, DOW Agrosience Industrial Ltda.	125 g L ⁻¹
	fluxapiróxade	Fluxapiróxade SC, DOW Agrosience Industrial Ltda.	300 g L ⁻¹

Os fungicidas foram incorporados com 20 µL das respectivas concentrações à 20 mL de meio a base de batata, dextrose e ágar (BDA) fundido e 0,1 mL de estreptomicina, homogeneizados e vertidos em placas de Petri.

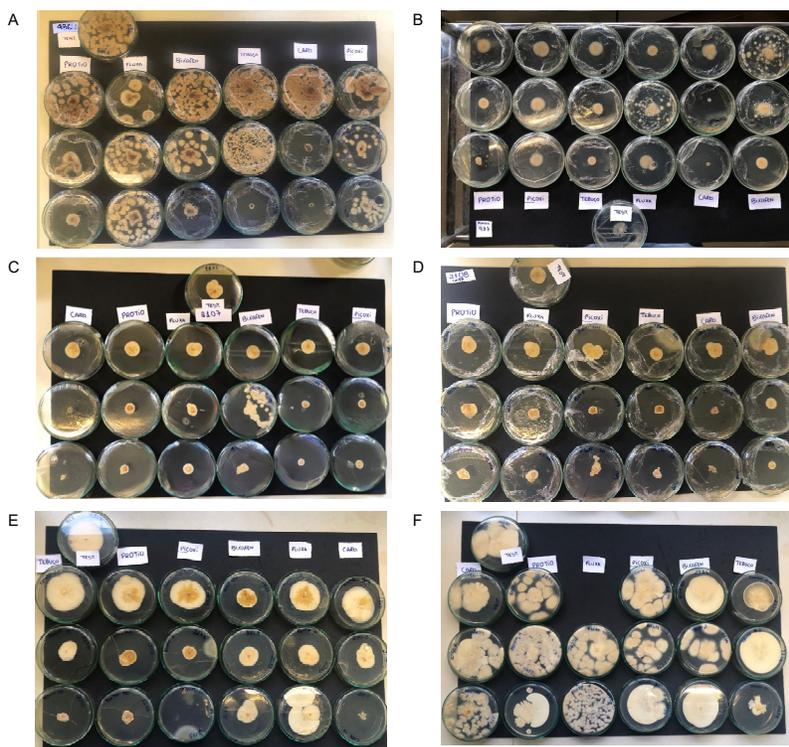
Os isolados foram repicados para placas contendo meio BDA e incubados em câmara tipo BOD a 25 °C com fotoperíodo 12h de luz e 12h de escuro (12h/12h) por sete dias.

Após os sete dias de incubação, discos de micélio da margem das colônias de cada isolado foram transferidos para o centro das placas com BDA + fungicidas. Foi montada uma placa por isolado para cada fungicida e a testemunha. Essas placas foram transferidas para BOD a 25 °C, com fotoperíodo 12h/12h por 14 dias, quando então foi medido o diâmetro das colônias e calculada a porcentagem de inibição do crescimento. Como testemunha, cada isolado foi repicado também para placa contendo apenas o meio BDA, sem adição de fungicidas. Para esse teste foi preparada uma placa por isolado por fungicida e a testemunha.

Resultado e Discussão

Houve diferença no crescimento dos fungos, dependendo do fungicida presente, mas todos os isolados foram capazes de crescer em uma ou mais doses dos fungicidas (Figura 1). Em algumas situações, não foi possível medir o diâmetro em razão da forma como o fungo cresceu na placa, caso do isolado CMES 936 (Figura 1 A) em protioconazol na dose de 0,01 ppm, em fluxapiróxade nas três doses (0,01 ppm, 2 ppm e 10 ppm), bixafen e tebuconazol nas doses de 0,01 ppm e 2 ppm, carbendazim na dose de 0,01 ppm e

picoxistrobina nas três doses. Também não foi possível medir o diâmetro para o isolado CMES 937 em fluxapiroxade na dose de 2 ppm e bixafen na dose de 0,01 ppm (Figura 1 B), para o isolado CMES 2107 em bixafen na dose de 2 ppm (Figura 1 C) e para o isolado CMES 2254 (Figura 1 F) em carbendazim na dose de 10 ppm, protioconazol na dose de 0,01 ppm, picoxistrobina e bixafen na dose de 2 ppm. A forma do crescimento da testemunha do isolado CMES 936 também impossibilitou o medição do diâmetro, mas como o fungo tomou praticamente toda a placa, foi considerado o maior valor do diâmetro. Em algumas situações o diâmetro foi considerado igual ao da testemunha por comparação com o aspecto da colônia na placa: CMES 936 em protioconazol, carbendazim e bixafen na dose de 0,01 ppm, em tebuconazol nas doses de 0,01 ppm e 2 ppm (Figura 1 A); CMES 2254 em carbendazim e protioconazol na dose de 2 ppm, fluxapiroxade nas doses de 2 ppm e 10 ppm, picoxistrobina na dose de 0,01 ppm (Figura 1 F).



Fotos: Vanessa Batista Moreira.

Figura 1. Crescimento dos micoparasitas CMES 936 (A), CMES 937 (B), CMES 2107 (C), CMES 2108 (D), CMES 2253 (E) e CMES 2254 (F) em meio de cultura BDA (testemunha) e BDA contendo diferentes princípios ativos de fungicidas, nas doses de 0,01 ppm, 2 ppm e 10 ppm.

Com os dados de diâmetro foi calculada a porcentagem de inibição do crescimento dos isolados (Tabela 2). Para isso, primeiro foi calculada a porcentagem de crescimento dos isolados em relação à testemunha, multiplicado por 100 e esse valor foi subtraído de 100 para obter a porcentagem de inibição do crescimento.

Tabela 2. Porcentagem de inibição do crescimento dos isolados de micoparasitas em relação à testemunha nas doses testadas dos fungicidas.

Fungicida	Concentração (ppm)	Inibição do crescimento (%)					
		CMES 936	CMES 937	CMES 2107	CMES 2108	CMES 2253	CMES 2254
Testemunha	0	0	0	0	0	0	0
	0,01	0	0	23,3	0	41,7	0
bixafen	2	ND ¹	0	0	25,9	41,7	ND
	10	63,3	22,7	33,3	51,8	33,3	9,7
fluxapiraxade	0,01	ND	27,3	6,7	0	5,0	Contaminada ²
	2	ND	0	16,7	40,0	35,0	0
	10	ND	9,1	40,0	29,6	0	0
picoxistrobina	0,01	ND	0	16,7	0	0	0
	2	ND	4,5	50,0	48,1	60,0	ND
	10	ND	9,1	50,0	44,4	Contaminada ²	2,8
carbendazim	0,01	0	13,6	10,0	0	0	19,4
	2	84,4	100	76,7	51,8	26,7	0
	10	91,1	100	83,3	63,0	83,3	ND
protioconazol	0,01	ND	9,1	16,7	0	11,7	ND
	2	47,8	22,7	46,7	0	50,0	0
	10	74,4	36,4	50,0	25,9	65,0	8,3
tebuconazol	0,01	0	4,5	20,0	18,5	0	20,8
	2	0	18,2	56,7	37,0	43,3	0
	10	88,9	40,9	60,0	44,4	68,3	55,5

¹ND: não foi determinado o nível de inibição porque não foi possível medir o diâmetro da colônia. ²Placa contaminada.

Mesmo não sendo possível obter o diâmetro de todas as colônias em todas as doses de fungicidas, a combinação do que foi possível medir com a observação visual das colônias possibilitou apontar o isolado CMES 936 como

o mais sensível aos fungicidas testados. E, com isso, a determinação das doses para o teste de sensibilidade, com base no resultado desse isolado, que serão 0 ppm; 0,01; 2 ppm; 5 ppm; 10 ppm e 20 ppm. Isolados que tiverem crescimento superior ao CMES 936 serão considerados resistentes/ menos sensíveis.

Conclusão

As doses foram determinadas com base no crescimento do isolado mais sensível, CMES 936. O isolado CMES 2254 mostrou-se o menos sensível aos fungicidas. Embora preliminar, esse resultado evidenciou uma característica desejável, nesses isolados, para um agente de controle biológico, que é a possibilidade de combinação com o controle químico.

Referências

- BROWN, J. K. M. Survey of variation in virulence and fungicide resistance and their application to disease control. In: COOKE, B. M.; JONES, D. G.; KAYE, B. (ed.). **The epidemiology of plant diseases**. Dordrecht: Springer, 2006. p. 81-116.
- HARTMAN, G. L.; SIKORA, E. J.; RUPE, J. C. Rust. In: HARTMAN, G. L.; RUPE, J. C.; SIKORA, E. J.; DOMIER, L. L.; DAVIS, J. A.; STEFFEY, K. L. (ed.). **Compendium of soybean diseases**. 5th ed. Saint Paul: APS Press, 2015. p. 56-59.
- KLOSOWSKI, A. C.; MAY-DE-MIO, L. L.; MIESSNER, S.; RODRIGUES, R.; STAMMLER, G. Detection of the F129L mutation in the cytochrome b gene in *Phakopsora pachyrhizi*. **Pest Management Science**, v. 72, n. 6, p. 1211-1215, 2016. DOI: 10.1002/ps.4099.
- MEDEIROS, F. H. V.; SILVA, J. C. P.; PASCHOLATI, S. F. Controle biológico de doenças de plantas. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. 5. ed. Ouro Fino-MG: Agronômica Ceres, 2018. v. 1. p. 261-274.
- MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W.; GHINI, R. Situação do controle biológico de doenças de plantas no Brasil. In: VENZON, M.; PAULA JUNIOR, T. J.; PALLINI, A. (ed.). **Controle alternativo de pragas e doenças**. Viçosa: EPAMIG-CTZM, 2006. p. 247-268
- SCHMITZ, H. K.; MEDEIROS, C. A.; CRAIG, I. R.; STAMMLER, G. Sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* towards quinoneoutsideinhibitors and demethylationinhibitors, and corresponding resistance mechanisms. **Pest Management Science**, v. 70, p. 378388, 2014. DOI: 10.1002/ps.3562.
- SIMÕES, K.; HAWLIK, A.; REHFUS, A.; GAVA, F.; STAMMLER, G. First detection of a SDH variant with reduced SDHI sensitivity in *Phakopsora pachyrhizi*. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 125, n. 1, p. 21-26, 2018.

Capacidade de parasitismo de *Trichogramma pretiosum* e *Telenomus remus* em mistura de ovos de *Anticarsia gemmatalis* e *Spodoptera cosmioides*

UEDA, M. S.¹; CRUZ, J. V. S.²; SUTIL, W. P.²; BUENO, A. de F.³

¹UENP - Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, PR, Bolsista PIBIC/CNPq; ²Programa de Pós Graduação em Entomologia, Universidade Federal do Paraná; ³Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

Spodoptera cosmioides Walker, 1858 (Lepidoptera: Noctuidae), que até então tinha uma ocorrência esporádica na cultura da soja, vem se tornando de grande importância pelos danos causados (Santos, 2005). A lagarta de *S. cosmioides* possui hábito polífago e, além das folhas, podem atacar também às vagens de soja, causando danos diretos ao produto final (Santos et al., 2005; Bueno et al., 2011; Moscardi et al., 2012; Panizzi et al., 2012). Por outro lado, *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae), conhecida como lagarta-da-soja, é considerada a mais importante dentre as lagartas desfolhadoras que ocorrem na cultura da soja no Brasil (Panizzi; Corrêa-Ferreira, 1997) sendo que apenas uma única lagarta pode consumir em média 110 cm² de folhas de soja (Walker et al., 2000). Levando em consideração a importância da soja, não apenas no Brasil, mas no mundo de um modo geral, torna-se imprescindível o estudo de métodos alternativos para o controle tanto de *S. cosmioides* como para *A. gemmatalis*.

Dentre os métodos de controle de pragas para prevenir danos às culturas de interesse econômico o mais utilizado são os inseticidas químicos (Carlini; Grossi-de-Sá, 2002). Entretanto, cresce a procura pelo desenvolvimento de compostos químicos ou biológicos de menor custo, que sejam mais específicos e mais sustentáveis (Andrade et al., 2004). Dentre as formas de manejo biológico para o manejo do complexo de espécies do gênero *Spodoptera*, o parasitoide de ovos *Telenomus remus* Nixon, 1937 (Hymenoptera: Scelionidae) tem apresentado grande potencial de controle (Cave, 2000; Bueno et al., 2008). Em alguns estudos este parasitoide foi observado parasitando cinco diferentes espécies de *Spodoptera*, mostrando-se

eficaz inclusive nos ovos depositados em camadas sobrepostas (Bueno et al., 2008).

O parasitoide de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) é utilizado em todo mundo como uma ferramenta do controle biológico, pois são generalistas e eficientes no parasitismo da maioria dos lepidópteros-pragas (Botelho, 1997; Mills, 2010), além de serem facilmente criados em hospedeiros alternativos (Parra; Zucchi, 2004). Porém, essa espécie tem uma desvantagem, o controle não é eficiente em espécies que ovipositam em camadas, como as lagartas do gênero *Spodoptera*, onde o parasitoide consegue parasitar apenas as camadas superiores (Goulart et al., 2011).

Devido as características de *T. remus* favoráveis ao controle biológico de *S. cosmioides* em parasitar ovos depositados em camadas sobrepostas e a importância que este gênero vem ganhando na cultura da soja em infestações e a capacidade de *T. pretiosum* em parasitar ovos de *A. gemmatalis* e as camadas superficiais das posturas de *Spodoptera*, este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de *T. remus* e *T. pretiosum* em ovos de *S. cosmioides* e *A. gemmatalis*.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no laboratório de criação de lagartas e parasitoides da Embrapa Soja, Londrina, PR. Todos os hospedeiros e parasitoides utilizados no experimento foram provenientes da criação mantida no local. Fêmeas dos parasitoides de ambas as espécies foram separadas e acondicionadas em tubos de vidro (12 mm de diâmetro e 75 mm de altura), duas por tubo, de acordo com cada tratamento, e tampados com filme plástico de PVC. Para *T. pretiosum* foram utilizadas fêmeas (≤ 24 horas) e para *T. remus* fêmeas (≤ 48 horas). Para a alimentação destas fêmeas foi oferecido mel puro, colocado em gotículas na parede do tubo de vidro. Para cada repetição foram oferecidas duas cartelas brancas de cartolina contendo aproximadamente 50 ovos, uma cartela com ovos de *S. cosmioides* e outra com ovos de *A. gemmatalis* colados com cola atóxica. O parasitismo foi permitido por 24 horas, e diariamente, no mesmo horário, as cartelas foram trocadas até a morte das fêmeas. As cartelas contendo ovos parasitados foram

mantidas em câmara climatizada à $25\pm^{\circ}\text{C}$ até a emergência dos parasitoides. As fêmeas foram mantidas em BOD a temperatura de $25\pm^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12 h. Foram utilizados três tratamentos, onde: T1 – 1 *Telenomus remus* e 1 *Trichogramma pretiosum*, T2 – 2 *T. remus* e T3 – 2 *T. pretiosum*, com 15 repetições cada. Os parâmetros avaliados foram: número de ovos parasitados diariamente; porcentagem acumulada de parasitismo; número total de ovos parasitados separado por espécie hospedeira por fêmea e longevidade das fêmeas parentais. Os resultados obtidos foram submetidos a verificação de pressupostos de normalidade e homogeneidade, seguindo com a análise de variância e posteriormente ao teste de comparação de médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Resultados e Discussão

O número de ovos parasitados variou de forma significativa entre os tratamentos avaliados (Tabela 1). Os parasitismos obtidos nas primeiras 24 horas foram 21,4, 1,4 e 17,1 ovos parasitados nos tratamentos 1, 2 e 3 respectivamente, e diminuiu conforme as fêmeas foram envelhecendo. O pico de parasitismo diário do T1 que é a combinação de parasitoides foi alcançado apenas ao quarto dia, assim como no T2 com *T. remus* isolado que alcançou o máximo de parasitismo diário apenas no segundo dia e somente o tratamento com *T. pretiosum* isolado teve o pico de parasitismo registrado nas primeiras 24 horas com 17,1 ovos parasitados e posterior decréscimo com 11,6 e 8,9 ovos parasitados com 48 e 72 horas, assim como avaliado por Bueno et al. (2010a, 2012).

Com relação ao parasitismo total durante o ciclo de vida adulto da fêmea, não houve diferença significativa entre o tratamento de parasitoides combinados ($108,7 \pm 9,82$) e o tratamento com *T. remus* isolado ($93,6 \pm 13,46$), ambos estatisticamente iguais diferindo apenas do tratamento de *T. pretiosum* isolado.

Tabela 1. Número de ovos parasitados ao longo da vida, longevidade de fêmeas (dias) e taxa de emergência (%) de *T. pretiosum* e *T. remus* em ovos de *S. cosmioides* e *A. gemmatalis* (25 °C, UR: 70±10 % e fotofase de 12 h C:E).

Tratamento	Número total de ovos parasitados por fêmea	Longevidade (dias)	Emergência (%)
<i>Trichogramma pretiosum</i> + <i>Telenomus remus</i>	108,7 ± 9,82 a	7,8ab	54,2 ± 4,47b
<i>Telenomus remus</i>	93,6 ± 13,46 a	9,2a	65,0 ± 7,23 ^a
<i>Trichogramma pretiosum</i>	51,7 ± 8,95 b	5,6b	58,9 ± 5,26b
C.V. (%)	25,47	21,03	19,01

As médias (média ± erro padrão) seguidas da mesma letra na coluna não são significativamente diferentes umas das outras pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A avaliação feita por hospedeiro mostrou que o tratamento de *T. remus* + *T. pretiosum* teve média de 55,2 e 53,5 ovos parasitados de *S. cosmioides* e *A. gemmatalis*, respectivamente. *T. remus* isolado parasitou em média 83,3 ovos de *S. cosmioides* e 10,3 ovos de *A. gemmatalis* e, por fim, *T. pretiosum* isolado parasitou 49,5 ovos de *A. gemmatalis* e apenas 2,3 ovos de *S. cosmioides*. Isoladamente esses resultados demonstram que na disponibilidade de ambos hospedeiros, *T. remus* tem preferência por parasitar ovos de *S. cosmioides* e *T. pretiosum* preferiu parasitar os ovos de *A. gemmatalis*, mas consegue completar seu ciclo biológico em ambos os hospedeiros, assim como relata Bueno et al. (2010a) e Pinto e Fernandes (2020). A combinação de *T. remus* e *T. pretiosum* resultou em 33,7 % a menos de parasitismo nos ovos de *S. cosmioides* e acréscimo de 7.7 % nos ovos parasitados de *A. gemmatalis*.

A longevidade média das fêmeas foi de 7,8; 9,2 e 5,6 dias para os tratamentos 1, 2 e 3, respectivamente. No tratamento 1 *T. remus* viveu em média 9,0 dias e *T. pretiosum* 6,6 dias, ciclo de vida similar quando avaliados de forma isolada, mostrando que a interação de ambos os parasitoides não afetam negativamente na longevidade quando comparado com os tratamentos isolados.

Avaliando a distribuição do parasitismo tanto de *T. remus* e de *T. pretiosum*, Bueno et al. (2010a, 2010b, 2012), Pomari-Fernandes et al. (2015) e Pinto e Fernandes (2020) observaram que o maior parasitismo ocorreu nas primeiras

24 horas de vida, com decréscimo do número de ovos parasitados ao longo da vida da fêmea. A distribuição de parasitismo obtida neste estudo difere do observado por estes autores, sendo o máximo de parasitismo diário registrado apenas aos 2 e 4 dias nos tratamentos 1 e 2, respectivamente. Dessa forma, essa alteração no comportamento de parasitismo dos parasitoides deve-se, possivelmente, a presença de duas fêmeas gerando uma distorção nos hábitos dessas espécies.

O parasitismo nas 24 horas iniciais do tratamento 2 foi de apenas 1,4 ovos parasitados, muito abaixo quando comparado aos estudos de capacidade de parasitismo publicado por Bueno et al. (2010b) e Pinto e Fernandes (2020) que tiveram 121,5 e 91,8 ovos parasitados no mesmo período em estudo conduzido com *T. remus* em ovos de *S. frugiperda* e *S. cosmioides*.

A junção de dois indivíduos nas condições intraespecífica ou interespecífica pode ter causado uma mudança no comportamento dos indivíduos avaliados. Houve alteração perceptível na distribuição do parasitismo e na quantidade de ovos parasitados, resultados diferentes dos observados até então nas capacidades de parasitismo já obtidas por Bueno et al. (2010a, 2010b, 2012), Pomari-Fernandes et al. (2015) e Pinto e Fernandes (2020). Apesar disso, a mistura de parasitoides teve resultados de parasitismo superiores aos demais tratamentos, mostrando que a junção das espécies na formulação de um produto podem ser eficientes e alcançar maiores índices de parasitismo.

Conclusão

Os resultados de capacidade de parasitismo obtidos neste estudo são novos e fornecem informações sobre o desempenho dos parasitoides de ovos *T. remus* e *T. pretiosum* como potenciais agentes de controle biológico de *S. cosmioides* e *A. gemmatalis* quando utilizados de forma conjunta. Esta informação pode ajudar no desenvolvimento um programa de biocontrole dessas importantes pragas em soja.

Referências

- ANDRADE, F. G.; NEDREIRO, M. C. C.; FALLEIROS, A. M. F Aspectos dos mecanismos de defesa da lagarta da soja *Anticarsia gemmatalis* (Hübner, 1818) relacionados ao controle biológico por Baculovirus anticarsia (AGMNPV). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 71, p. 391-398, 2004.
- BOTELHO, P. M. Eficiência de *Trichogramma* em campo. In: PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (ed.). **Trichogramma e o controle biológico aplicado**. Piracicaba: Fealq, 1997. p. 303-318.
- BUENO, R. C. O. de F.; BUENO, A. de F.; MOSCARDI, F.; PARRA, J. R. P.; HOFFMANN-CAMPO, C. B. Lepidopteran larva consumption of soybean foliage: basis for developing multiple-species economic thresholds for pest management decisions. **Pest Management Science**, v. 67, n. 2, p. 170-174, 2011.
- BUENO, R. C. O. de F.; BUENO, A. de F.; PARRA, J. R. P.; VIEIRA, S. S.; OLIVEIRA, L. J. de. Biological characteristics and parasitism capacity of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) on eggs of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 2, p. 322-327, 2010b.
- BUENO, R. C. O. de F.; CARNEIRO, T. R.; BUENO, A. de F.; PRATISSOLI, D.; FERNANDES, O. A.; VIEIRA, S. S. Parasitism capacity of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) on *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) eggs. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 53, n. 1, p. 133-139, 2010a.
- BUENO, R. C. O. de F.; CARNEIRO, T. R.; PRATISSOLLI, D.; BUENO, A. de F.; FERNANDES, O. A. Biology and thermal requirements of *Telenomus remus* reared on fall armyworm *Spodoptera frugiperda* eggs. **Ciência Rural**, v. 38, n. 1, p. 1-6, 2008.
- BUENO, R. C. O. de F.; PARRA, J. R. P.; BUENO, A. de F. *Trichogramma pretiosum* parasitism of *Pseudoplusia includens* and *Anticarsia gemmatalis* eggs at different temperatures. **Biological Control**, v. 60, n. 2, p. 154-162, 2012.
- CARLINI, C. R.; GROSSI-DE-SÁ, M. de F. Plant toxic proteins with insecticidal properties: a review on their potentialities as bioinsecticides. **Toxicon**, v. 40, p. 1515-1539, 2002.
- CAVE, R. D. Biology, ecology and use in pest management of *Telenomus remus*. **Biocontrol News and Information**, v. 21, p. 21-26, 2000.
- GOULART, M. M. P.; BUENO, A. de F.; BUENO, R. C. O. de F.; VIEIRA, S. S. Interaction between *Telenomus remus* and *Trichogramma pretiosum* in the management of *Spodoptera* spp. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 55, n. 1, p. 121-124, 2011.
- MILLS, N. Egg parasitoids in biological control and integrated pest management. In: CÔNSOLI, F. L.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (ed.). **Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on Trichogramma**. Dordrecht: Springer, 2010, p. 389-412.
- MOSCARDI, F.; BUENO, A. de F.; SOSA-GOMEZ, D. R.; ROGGIA, S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; POMARI, A. F.; CORSO, I. C.; YANO, S. A. C. Artrópodes que atacam as folhas da soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 213-334.

PANIZZI, A. R.; BUENO, A. de F.; SILVA, F. A. C. da. Insetos que atacam vagens e grãos. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 335-420.

PANIZZI, A. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. Dynamics in the insect fauna adaptation to soybean in the tropics. **Trends in Entomology**, v. 1, p. 71-88, 1997.

PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. *Trichogramma* in Brazil: feasibility of use after twenty years of research. **Neotropical Entomology**, v. 33, p. 271-281, 2004.

PINTO, J. R. L.; FERNANDES, O. A. Parasitism capacity of *Telenomus remus* and *Trichogramma pretiosum* on eggs of moth pests of peanut. **Bulletin Insectology**, v. 73, p. 71-78, 2020.

POMARI-FERNANDES, A.; BUENO, A. de F.; QUEIROZ, A. P.; BORTOLI, S. A. de. Biological parameters and parasitism capacity of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Platygasteridae) reared on natural and factitious hosts for successive generations. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 33, p. 3225-3233, 2015.

SANTOS, K. B.; MENEGUIM, A. M.; NEVES, P. M. Biologia de *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros. **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 903-910, 2005.

WALKER, D. R.; ALL, J. N.; MCPHERSON, R. M.; BOERMA, H. R.; PARROTT, W. A. Field evaluation of soybean engineered with a synthetic cry1Ac transgene for resistance to corn earworm, soybean looper, velvetbean caterpillar (Lepidoptera: Noctuidae), and lesser cornstalk borer (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 93, n. 3, p. 613-622, 2000.

Expressão transiente em embriões de soja para validação *in vivo* de gRNAs visando a edição genica via CRISPR/Cas

POLIZELI, S. R. A.¹; FIGLIANO, G. C.¹; HOSHINO, R. T.²; MARIN, S. R. R.³; NEPOMUCENO, A. L.⁴; MERTZ-HENNING, L. M.⁴

¹ UEL - Universidade Estadual de Londrina, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR; ² Bolsista Funarbe/Embrapa Soja; ³ Analista, Embrapa Soja; ⁴ Pesquisador (a), Embrapa Soja.

Introdução

O sistema CRISPR/Cas é um mecanismo no qual uma molécula de RNA guia (gRNA) direciona nucleases Cas para quebrar um sítio de DNA alvo (Doudna; Charpentier, 2014). Após a quebra na dupla fita de DNA, o sistema de reparo inato da célula corrige o DNA danificado (Ran et al., 2013; Doudna; Charpentier, 2014), podendo gerar novas mutações. O gRNA é componente chave do sistema CRISPR/Cas e várias ferramentas *in silico* foram desenvolvidas para ajudar a orientar o design do gRNA (Stemmer et al., 2015; Doench et al., 2016; Haeussler et al., 2016; Chari et al., 2017; Liu et al., 2017). No entanto, essas ferramentas apenas preveem o desempenho do gRNA como um guia, exigindo ensaios *in vivo* para validar sua real funcionalidade ou eficiência. Além disso, a validação de sistemas CRISPR/Cas com um ensaio *in vivo* é fortemente recomendada quando a espécie-alvo é difícil de transformar, como é o caso da maioria das culturas, a fim de otimizar as etapas subsequentes no *pipeline* de pesquisa (Shan et al., 2020).

A geração de plantas de soja editadas tem sido considerada complexa, demorada e trabalhosa, uma vez que a eficiência de transformação estável geralmente permanece abaixo de 10% (Do et al., 2019). Isso mostra a importância de validar o sistema CRISPR/Cas aplicando ensaios transientes para verificar se o gRNA tem acesso ao DNA alvo e direciona as nucleases para a sequência desejada (Shan et al., 2020). Na soja, algumas das abordagens utilizadas incluem agroinfiltração de células foliares, transfecção de protoplastos (Kim; Choi, 2021) e transformação de raízes usando *Agrobacterium rhizogenes* (Do et al., 2019). No entanto, esses métodos às vezes são trabalhosos e demorados e/ou ainda apresentam uma eficiência de transformação relativamente baixa, confirmando que a validação do gRNA continua a ser

um gargalo no pipeline de edição gênica de soja. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um ensaio *in vivo* por meio de expressão transiente para validação de gRNAs em soja, visando a edição de genes associados a tolerância à seca.

Material e Métodos

Identificação dos genes alvos, desenho dos RNAs guias (gRNAs) e clonagem

As sequências dos genes alvos associadas a característica de tolerância à seca foram obtidas a partir do banco de dados do Phytozome e comparadas nas duas versões do genoma de soja disponíveis *Glycine max* a2.v1 e *Glycine max* a4.v1 (Phytozome v13). Posteriormente essas sequências foram alinhadas com o genoma da cultivar de soja BRS 537 (cultivar utilizada no processo de edição), apresentando 100% de similaridade. Realizou-se o desenho dos gRNAs para os genes de interesse por meio do software CRISPRDirect (Naito et al., 2015). Foram selecionados os guias mais promissores e altamente específicos, com ausência de *off-targets* na região do guia + PAM. Em seguida esses gRNAs foram clonados em um vetor binário capaz de se multiplicar tanto em *Escherichia coli* quanto em *Agrobacterium tumefaciens*. O vetor contém os seguintes elementos: sequência para expressar a enzima Cas9 sob controle do promotor 35S do *Cauliflower mosaic virus* (CaMV), sequência do gene *Bar* (marcador de seleção) que confere resistência à herbicida glufosinato de amônio também sob controle do promotor 35S, além dos gRNAs do gene alvo na soja sob controle do promotor U6 de *Arabidopsis thaliana*.

Validação dos gRNAs *in vivo* por meio de expressão transiente

A transformação de embriões de soja da cultivar convencional BRS 537 foi realizada de acordo com o protocolo estabelecido por Kanamori et al. (2011) com uma modificação; a injúria foi realizada não somente na região apical, mas em todo embrião para aumentar a probabilidade de obtenção de células transformadas. Após o processo de injúria, os embriões foram mantidos por 5 dias em meio sólido (composto por Gamborg B5 Basal Medium 1/10X;

Vitamina B5 1/10X; sacarose 30g/L; MES 4,62 g/L; phytaagar 4 g/L, suplementado BAP 1,67mg/L; GA3 0,25mg/L; AS 1 M, STS (Tiosulfato de sódio, 1M, 1% de DTT 1M e CYS 400 mg/L, pH 5,4). A seguir, os embriões foram coletados em 3 *bulks* composto por 15 embriões cada. O DNA foi extraído de acordo com o protocolo de Doyle e Doyle (1990) e a integridade do DNA foi visualizada em gel de agarose 1% (v/v). Para identificar a presença de células transformadas foi realizado uma PCR convencional, conforme as condições de ciclagem, desnaturação a 95°C por 1 min, seguido por 35 ciclos de 96°C por 15 s, anelamento a 50°C por 15 s, extensão a 60°C por 4 min, utilizando os *primers* que confirmam a presença da maquinaria da Cas9, presente no vetor de transformação.

Confirmação da edição por sequenciamento

Foram utilizados *primers* específicos flanqueando as regiões dos gRNAs onde deve ocorrer a edição dos genes de cada construção utilizada na transformação. As condições de ciclagem utilizadas foram: desnaturação a 95°C por 5 min, seguido por 35 ciclos de 95°C por 30 s, anelamento a 55°C por 30 s, extensão a 72°C por 45 s, seguido por 72°C por 7 min. Para a realização do sequenciamento, o produto desta PCR foi purificado com o kit *Wizard SV Gel e PCR Clean-Up System* (EUA) de acordo com as recomendações do fabricante. O sequenciamento foi realizado em sequenciador ABI 3530 DNA Analyzer Applied Biosystems utilizando o kit de sequenciamento *BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing* (Invitrogen, EUA) de acordo com as instruções do fabricante. O sequenciamento direto de produtos de PCR contendo tais mutações resultou em cromatogramas de sequenciamento sobrepostos, que foram analisados pelo software TIDE¹.

Resultados e Discussão

Foram validados sete gRNAs (gRNA2; gRNA3; gRNA4; gRNA5; gRNA6; gRNA2/2.1 e gRNA4/2.1) que apresentaram resultado positivo na amplificação por PCR convencional para genes associados a maquinaria do vetor. Desses, seis gRNAs foram funcionais e adequados para serem utilizados na transformação transiente de soja de acordo com a análise dos *bulks* (sequenciados) no software TIDE, que comprovaram a ocorrência de edição em

¹ <https://tide.nki.nl/>

ambas as repetições biológicas (Figura 1). O software TIDE estima a frequência de pequenas alterações de nucleotídeos direcionadas introduzidas pelo CRISPR e relata a identidade das inserções ou deleções detectadas e suas frequências (Brinkman et al., 2018). No caso deste ensaio a eficiência de edição foi variável, o que é esperado tendo em vista que se trata de um ensaio transitente, e que desta forma, nem todas as células são transformadas e editadas.

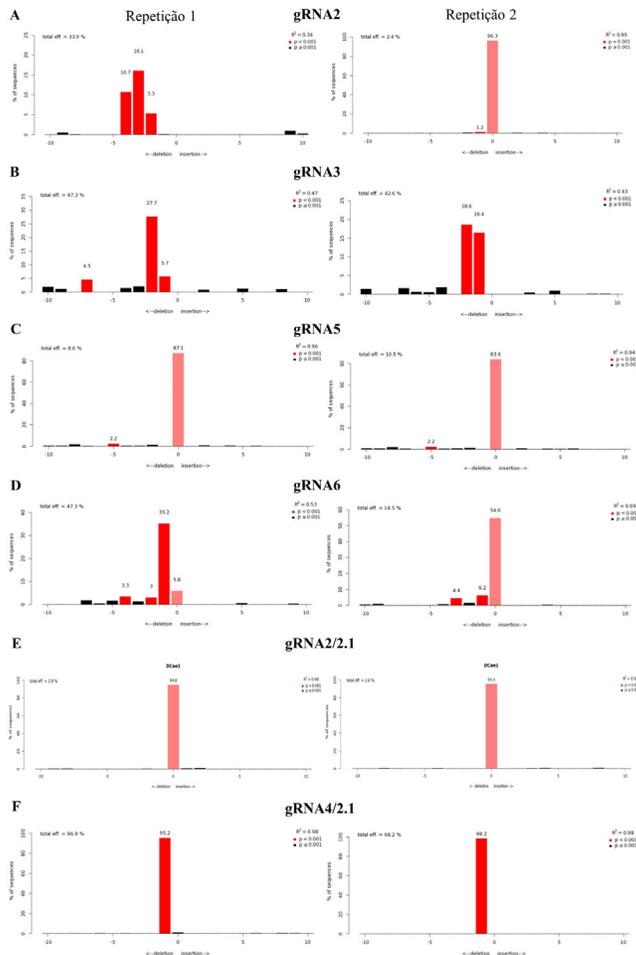


Figura 1. Análise dos RNAs guias (gRNA) por meio de expressão transitente em embriões de soja. As análises de sequenciamento Sanger foram realizadas em duplicata biológica da cultivar BRS 537 pelo software TIDE que estima a frequência de pequenas alterações de nucleotídeos via CRISPR bem como, a identidade das inserções e deleções detectadas e suas frequências (Brinkman et al., 2018).

Embora ferramentas *in silico* e *in vitro* sejam usadas para verificar a qualidade do gRNA, elas nem sempre representam a realidade *in vivo*. Naim et al. (2020), por exemplo, encontrou um baixo consenso para uniformidade preditiva e desempenho entre oito diferentes ferramentas *on-line* de gRNA-site e nenhuma correlação significativa com sua eficácia *in vivo* em *Nicotiana benthamiana*. Portanto, há variações na eficiência real das mutações derivadas de CRISPR induzidas por gRNAs selecionados *in silico*, o que significa que métodos confiáveis para a validação de gRNAs são críticos para melhorar o sistema.

Em espécies como a soja, as etapas de cultura de tecidos *in vitro* demandam mão de obra e tempo para a transformação da planta. Embora diferentes métodos tenham sido propostos e aprimorados para a espécie, eles ainda são trabalhosos, demorados e apresentam baixa eficiência, continuando a ser um gargalo para a manipulação genética (Kereszt et al., 2007; Chen et al., 2018; Xu et al., 2022). Portanto, qualquer etapa otimizada é vantajosa a fim de garantir que o sistema CRISPR/Cas esteja funcionando antes de iniciar a transformação genética para obtenção de plantas editadas, devido aos altos investimentos envolvidos na transformação estável da soja, incluindo reagentes e pessoal altamente qualificado.

Conclusão

Os ensaios *in vivo* descritos neste trabalho demonstraram ser uma alternativa rápida e de baixo custo para verificação da expressão transiente de genes associados a tolerância à seca em soja. O método foi eficiente para validação de sete gRNAs, permitindo a observação de genes editados.

Referências

BRINKMAN, E. K.; KOUSHOLT, A. N.; HARMSSEN, T.; LEEMANS, C.; CHEN, T.; JONKERS, J.; STEENSEL, B. V. Easy quantification of template-directed CRISPR/Cas9 editing. **Nucleic Acids Research**, v. 46, n. 10, e58, 2018.

CHARI, R.; YEO, N. C.; CHAVEZ, A.; CHURCH, G. M. sgRNA Scorer 2.0: a species-independent model to predict CRISPR/Cas9 activity. **ACS Synthetic Biology**, v. 6, p. 902-904, 2017. DOI: 10.1021/acssynbio.6b00343.

CHEN, L.; CAI, Y.; LIU, X.; YAO, W.; GUO, C.; SUN, S.; WU, C.; JIANG, B.; HAN, T.; HOU, W. Improvement of soybean *Agrobacterium*-mediated transformation efficiency by adding glutamine

and asparagine into the culture media. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, art. 3039, 2018. DOI: 10.3390/ijms19103039.

DO, P. T.; NGUYEN, C. X.; BUI, H. T.; TRAN, L. T. N.; STACEY, G.; GILLMAN, J. D.; ZHANG, Z. J.; STACEY, M. G. Demonstration of highly efficient dual gRNA CRISPR/Cas9 editing of the homeologous GmFAD2-1A and GmFAD2-1B genes to yield a high oleic, low linoleic and α -linolenic acid phenotype in soybean. **BMC Plant Biology**, v. 19, art. 311, 2019. DOI: 10.1186/s12870-019-1906-8.

DOENCH, J. G.; FUSI, N.; SULLENDER, M.; HEGDE, M.; VAIMBERG, E. W.; DONOVAN, K. F.; SMITH, I.; TOTHOVA, Z.; WILEN, C.; ORCHARD, R.; VIRGIN, H. W.; LISTGARTEN, J.; ROOT, D. E. Optimized sgRNA design to maximize activity and minimize off- target effects of CRISPR-Cas9. **Nature Biotechnology**, v. 34, p. 184-191, 2016. DOI: 10.1038/nbt.3437.

DOUDNA, J. A.; CHARPENTIER, E. The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. **Science**, v. 346, 1258096, 2014. DOI: 10.1126/science.1258096.

DOYLE, J. J.; DOYLE, J. L. Isolation of plant DNA from fresh tissue. **Focus**, v. 12, p. 13-15, 1990.

HAEUSSLER, M.; SCHÖNIG, K.; ECKERT, H.; ESCHSTRUTH, A.; MIANNÉ, J.; RENAUD, J.-B.; SCHNEIDER-MAUNOURY, S.; SHKUMATAVA, A.; TEBOUL, L.; KENT, J.; JOLY, J.-S.; CONCORDET, J.-P. Evaluation of off-target and on-target scoring algorithms and integration into the guide RNA selection tool CRISPOR. **Genome Biology**, v. 17, art. 148, 2016. DOI: 10.1186/s13059-016-1012-2.

KANAMORI, N.; GIROTTO, L.; NEPOMUCENO, A. L. *Agrobacterium* mediated transformation of Brazilian soybean variety, BR 16. **JIRCAS Work Report**, v. 71, p. 75-79, 2011.

KERESZT, A.; LI, D.; INDRASUMUNAR, A.; NGUYEN, C. D. T.; NONTACHAIYAPOOM, S.; KINKEMA, M.; GRESSHOFF, P.M. *Agrobacterium rhizogenes*-mediated transformation of soybean to study root biology. **Nature Protocols**, v. 2, p. 948-952, 2007. DOI: 10.1038/nprot.2007.141.

KIM, H.; CHOI, J. A robust and practical CRISPR/crRNA screening system for soybean cultivar editing using LbCpf1 ribonucleoproteins. **Plant Cell Reports**, v. 40, p. 1059-1070, 2021. DOI: 10.1007/s00299-020-02597-x.

LIU, H.; DING, Y.; ZHOU, Y.; JIN, W.; XIE, K.; CHEN, L. L. CRISPR-P 2.0: an improved CRISPR-Cas9 tool for genome editing in plants. **Molecular Plant**, v. 10, p. 530-532, 2017. DOI: 10.1016/j.molp.2017.01.003.

NAIM, F.; SHAND, K.; HAYASHI, S.; O'BRIEN, M.; MCGREE, J.; JOHNSON, A. A. T.; DUGDALE, B.; WATERHOUSE, P. M. Are the current gRNA ranking prediction algorithms useful for genome editing in plants? **PLoS ONE**, v. 15, e0227994, 2020. DOI: 10.1371/journal.pone.0227994.

NAITO, Y.; HINO, K.; BONO, H.; UI-TEI, K. CRISPRdirect: software for designing CRISPR/Cas guide RNA with reduced off-target sites. **Bioinformatics**, v. 31, p. 1120-1123, 2015. DOI: 10.1093/bioinformatics/btu743.

RAN, F. A.; HSU, P. D.; WRIGHT, J.; AGARWALA, V.; SCOTT, D. A.; ZHANG, F. Genome engineering using the CRISPR-Cas9 system. **Nature Protocols**, v. 8, p. 2281-2308, 2013. DOI: 10.1038/nprot.2013.143.

SHAN, S.; SOLTIS, P. S.; SOLTIS, D. E.; YANG, B. Considerations in adapting CRISPR/Cas9 in nongenetic model plant systems. **Applications in Plant Sciences**, v. 8, e11314, 2020. DOI: 10.1002/aps3.11314.

STEMMER, M.; THUMBERGER, T.; KEYER, M. del S.; WITTBRODT, J.; MATEO, J. L. CCTop: an intuitive, flexible and reliable CRISPR/Cas9 target prediction tool. **PLoS ONE**, v. 10, e0124633, 2015. DOI: 10.1371/journal.pone.0124633.

XU, H.; GUO, Y.; QIU, L.; RAN, Y. Progress in soybean genetic transformation over the last decade. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, art. 900318, 2022. DOI: 10.3389/fpls.2022.900318.

Efeito de sistemas diversificados de produção de soja em atributos microbiológicos do solo

FIOR, B. B.¹; CHARNOBAY, A. C.²; BALBINOT JUNIOR, A. A.³; HUNGRIA, M. ³; NOGUEIRA, M. A.³

¹UNIFIL, Centro Universitário Filadélfia, Londrina, PR; ²UEL, Departamento de Agronomia, Londrina, PR;

³Pesquisador(a), Embrapa Soja

Introdução

O solo é a base para uma série de serviços ecossistêmicos e é fundamental para a produção agrícola. A manutenção da saúde do solo (SS) é crucial para a sustentabilidade dos agroecossistemas e pode ser estimada por indicadores que monitoram seus atributos físicos, químicos e microbiológicos.

Os atributos microbiológicos geralmente respondem rapidamente às mudanças no uso e manejo do solo, portanto o monitoramento da biomassa microbiana (BM), respiração basal (RB) e o quociente metabólico ($q\text{-CO}_2$) (Bastida et al., 2008) são importantes e promissores indicadores da SS.

A biomassa microbiana (BM) é a fração viva da matéria orgânica do solo, sendo responsável pela decomposição de resíduos orgânicos, mineralização e solubilização de nutrientes, e por interações com as raízes das plantas que promovem o crescimento e saúde das mesmas (Kaschuk et al., 2010). A respiração basal (RB) é utilizada como indicador de saúde do solo, representando o CO_2 produzido por microrganismos aeróbicos ao atuar na oxidação da matéria orgânica (Alef, 1995). O quociente metabólico é a razão entre respiração basal e carbono da biomassa microbiana (RB/CBM) e permite avaliar o estado metabólico dos microrganismos do solo (Insam; Haselwandter, 1989).

Entre as práticas conservacionistas que favorecem a conservação ou recuperação da qualidade do solo, pode-se citar a diversificação de culturas. Entre as culturas empregadas para a diversificação de áreas cultivadas com soja, espécies do gênero *Urochloa* (braquiárias) merecem destaque pelo potencial de utilização, especialmente em áreas com baixa pluviosidade no outono/inverno. Os benefícios da adoção de espécies desse gênero no sistema produtivo incluem produção de biomassa para a cobertura do solo, ciclagem

de nutrientes, controle de plantas daninhas e melhoria dos atributos do solo (Baptistella et al., 2020).

O uso de braquiárias no sistema de produção pode melhorar os atributos microbiológicos e bioquímicos do solo. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adoção de *Urochloa* spp. em sistemas de produção de soja sobre componentes microbiológicos da saúde do solo.

Material e Métodos

Área experimental

O experimento vem sendo conduzido em Londrina, norte do Paraná, desde a safra 2016/2017 na estação experimental da Embrapa Soja (24°36'40" S e 53°18'20" O; altitude de 630 m). O solo é classificado como LATOSSOLO Vermelho distroférico pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (Santos et al., 2018) e possui textura muito argilosa (710 g dm⁻³ de argila, 82 g dm⁻³ de areia e 208 g dm⁻³ de silte). O clima da região é classificado como Cfa, de acordo com a classificação de Köppen (Caviglione et al., 2000).

Delineamento, tratamentos e amostragem de solo

Anteriormente à instalação do experimento, a área foi cultivada com aveia preta em área total no inverno de 2015 e milho no verão 2015/2016. O preparo do solo para semeadura das culturas cultivadas no inverno se deu com aração, gradagem niveladora e calagem (2 Mg ha⁻¹) em área total. O ensaio foi implantado em delineamento de blocos ao acaso com 5 repetições e 6 tratamentos (Verão/ Inverno). As parcelas (5.0 × 8.0 m) receberam: I) Soja/ Braquiária (*Urochloa ruziziensis*); II) Soja/ Milho com adubação nitrogenada de cobertura (80 kg ha⁻¹ de ureia); III) Soja/ Milho sem adubação nitrogenada; IV) Soja/ Crotalária (*Crotalaria spectabilis*); V) Soja/ Trigo; VI) Soja/ Pousio. A amostragem foi realizada em março de 2021, após a colheita da soja, seguindo o padrão FertBio de amostragem e armazenamento de amostras (Mendes et al., 2019).

Análise dos indicadores de saúde solo

Os atributos microbiológicos avaliados foram a biomassa microbiana (BM), quantificada pelo método de fumigação-extração modificado de Vance et al. (1987) para a análise do CBM. A respiração basal do solo (RB) foi avaliada (Alef, 1995), e posteriormente foi calculado o quociente metabólico ($q\text{-CO}_2$) (Insam; Haselwandter, 1989) pela razão RB/CBM. Dada a condição de solo seco após a amostragem, uma etapa de re-umidecimento das amostras antecedeu a avaliação destes indicadores com base no cálculo da capacidade de retenção de água (CRA) do solo e posterior adição de água nas amostras visando elevar o teor a 60% da CRA, seguida por incubação por 7 dias previamente às análises.

Análise estatística

A normalidade e a homogeneidade da variância foram avaliadas pelos testes de Shapiro-Wilk e de Bartlett, respectivamente, a fim de verificar os pressupostos para a análise de variância e a necessidade de transformação dos dados. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a $p \leq 0,05$. As análises estatísticas foram realizadas no software R versão 4.0.1.

Resultado e Discussão

Nos tratamentos em que a soja foi seguida de Milho sem N, Trigo, Braquiária e Crotalária apresentaram os maiores valores de carbono da biomassa microbiana, sem diferirem estatisticamente entre si. Estes tratamentos apresentaram diferença significativa quando comparados à soja seguida de milho com N, que apresentou o menor valor de CBM. O tratamento soja pousio apresentou valores intermediários de CBM, sem diferir dos demais tratamentos (Tabela 1). Apesar de não terem sido encontradas diferenças significativas entre os tratamentos de diversificação e o pousio, ao comparar soja/pousio com soja/crotalária, houve um aumento de 19,3% no carbono da biomassa microbiana. Este fato mostra que a adoção de culturas de cobertura pode promover o incremento do carbono associado aos microrganismos do solo, como verificado por outros autores (Bini et al., 2014; Kim et al., 2020). Quanto ao tratamento soja/milho com N, observa-se que a adubação nitrogenada impactou negativamente a biomassa microbiana do solo.

Tabela 1. Atributos microbiológicos do solo na camada 0-0.10 m em sistemas de produção de soja com diferentes culturas para diversificação. Londrina, Paraná, setembro de 2022.

Verão/Inverno	CBM ^a mg kg ⁻¹	RB µg C-CO ₂ dia ⁻¹ g ⁻¹	q-CO ₂ mg C-CO ₂ g ⁻¹ CBM h ⁻¹
Soja/Braquiária	319,1 a	22,9 a	2,97 ab
Soja/Milho com N	190,3 b	14,3 ab	3,12 a
Soja/Milho sem N	332,6 a	13,7 ab	1,77 ab
Soja/Crotalária	310,5 a	14,2 ab	2,01 ab
Soja/Trigo	322,6 a	16,7 ab	2,19 ab
Soja/Pousio	260,2 ab	10,3 b	1,66 b
p-valor Tratamento	< 0,001	0,026	0,013
CV %	13,1	34,2	30,86

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente (Tukey, $p \leq 0.05$)

^a Carbono da Biomassa Microbiana (CBM); Respiração Basal (RB); Quociente metabólico (q-CO₂).

Em relação à atividade dos microrganismos do solo, a soja seguida de braquiária apresentou o maior valor de RB, diferindo estatisticamente da soja/pousio, tratamento no qual se observaram os menores valores de respiração microbiana (Tabela 1). Estes resultados evidenciam a importância do aporte de biomassa de parte aérea e de raízes para a comunidade microbiana, pois provavelmente a maior atividade microbiana no tratamento com braquiária se deve à disponibilidade de substrato proveniente da biomassa da forrageira, mas também das demais culturas em sucessão, resultando em um ambiente favorável para a atividade dos microrganismos, com condições adequadas de temperatura, água e oxigênio (Bini et al., 2014). Os valores de RB do solo encontrados para o pousio indicam baixa atividade da microbiota do solo, devido às menores entradas de carbono no solo. Todos os outros tratamentos obtiveram valores intermediários, não diferindo estatisticamente do tratamento Soja/Braquiaria e Soja/Pousio.

Os maiores e menores valores de q-CO₂ foram verificados para o tratamento Soja/Milho com N e Soja/Pousio, respectivamente. Os demais tratamentos de diversificação apresentaram valores intermediários sem diferir estatisticamente (Tabela 1). De acordo com Anderson e Domsch (2010), valores menores de q-CO₂ estão associados ao uso mais eficiente do carbono pela comunidade microbiana, o que pode acontecer, no sistema pousio, pelo baixo

aporte de material vegetal e baixa atividade microbiana. A baixa disponibilidade de C prontamente disponível neste ambiente pode reduzir a atividade respiratória numa proporção maior do que a da biomassa microbiana, o que resulta em um índice $q\text{-CO}_2$ menor. Por outro lado, valores elevados de $q\text{-CO}_2$ podem representar menor eficiência metabólica, com atividade biológica mais intensa para a manutenção da biomassa microbiana, mas também representa maior disponibilidade de formas de C de mais fácil uso pela comunidade microbiana. Possivelmente, para o tratamento Soja/Milho com N, a comunidade microbiana possa estar passando por algum tipo de estresse, levando a menor eficiência do uso do carbono pelos microrganismos. A adição de N mineral ao sistema também pode interferir na estabilidade da matéria orgânica do solo, favorecendo a despolimerização de formas estáveis de C e liberação como substrato para a comunidade microbiana, o que, no longo prazo, pode levar à diminuição do teor de carbono orgânico no solo.

Conclusão

Os resultados demonstraram que a utilização de braquiárias, assim como outros esquemas de diversificação de culturas após a soja melhoram os atributos biológicos do solo, quando comparados ao pousio.

Referências

- ALEF, K. Soil Respiration. In: ALEF, K.; NANNIPIERI, P. (org.). **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995. p. 214-218.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Soil microbial biomass: The eco-physiological approach. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 12, p. 2039-2043, 2010.
- BAPTISTELLA, J. L. C.; ANDRADE, S. A. L. de; FAVARIN, J. L.; MAZZAFERA, P. Urochloa in tropical agroecosystems. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, article 119, 2020.
- BASTIDA, F.; ZSOLNAY, A.; HERNÁNDEZ, T.; GARCÍA, C. Past, present and future of soil quality indices: a biological perspective. **Geoderma**, v. 147, n. 3-4, p. 159-171, 2008.
- BINI, D.; SANTOS, C. A. dos; BERNAL, L. P. T.; ANDRADE, G.; NOGUEIRA, M. A. Identifying indicators of C and N cycling in a clayey Ultisol under different tillage and uses in winter. **Applied Soil Ecology**, v. 76, p. 95-101, 2014.
- CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D.; GALDINO, J.; BORROZINO, E.; PUGSLEY, L. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: Iapar, 2000. 1 CD-ROM.

INSAM, H.; HASELWANDTER, K. Metabolic quotient of the soil microflora in relation to plant succession. **Oecologia**, v. 79, n. 2, p. 174-178, 1989.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 1, p. 1-13, 2010.

KIM, N.; ZABALOY, M. C.; GUAN, K.; VILLAMIL, M. B. Do cover crops benefit soil microbiome? A meta-analysis of current research. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 142, e107701, 2020.

MENDES, I. de C.; SOUZA, L. M. de; SOUSA, D. M. G. de; LOPES, A. A. de C.; REIS JUNIOR, F. B. dos; LACERDA, M. P. C.; MALAQUIAS, J. V. Critical limits for microbial indicators in tropical Oxisols at post-harvest: The FERTBIO soil sample concept. **Applied Soil Ecology**, v. 139, p. 85-93, 2019.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. ebook.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987.

Uso de agentes antagonistas no controle biológico de *Aphelenchoides besseyi* em soja

CAMARGO, J. F. M.¹; LORETO, R. B.²; FAVORETO, L.³; MEYER, M. C.⁴

¹ANHANGUERA, Curso de Agronomia, Londrina, PR; ²UEL, Pós-Graduação em Agronomia; ³Bolsista FAPED/ Embrapa Soja; ⁴Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

Aphelenchoides besseyi, popularmente conhecido como o nematoide da haste verde e retenção foliar, tem incidência, no Brasil, em regiões quentes e chuvosas, como Pará, Amapá, Mato Grosso, Tocantins e Maranhão (Meyer et al., 2017). A presença e infestação deste fitopatógeno pode vir a causar a perda de até 100% da lavoura, trazendo à soja sintomas como: engrossamento de nós, encarquilhamento foliar, necroses nas inflorescências e abortamento prematuro de vagens. A infecção ocorre quando há uma condição favorável do ambiente, com alta umidade, em períodos de elevada ocorrência de chuva, e temperaturas médias em torno de 28 °C. O nematoide migra da raiz para a parte aérea da planta, por meio da presença de água, dando continuidade ao seu ciclo e infecção (Meyer et al., 2017).

A mesma condição favorável de ambiente citada acima, também o é aos microrganismos atuantes no controle biológico. Assim como *A. besseyi* pode sobreviver no solo, sem a presença de planta hospedeira, alimentando-se de diferentes fungos decompositores de matéria orgânica (Favoreto et al., 2011), os fungos antagonistas, *Purpureocillium lilacinum* e *Pochonia chlamydosporia*, na ausência de nematoides, podem sobreviver no solo de forma saprofítica, utilizando a matéria orgânica como fonte de alimento. (Lopez-Lima et al., 2014). Já *Trichoderma* spp., pelo seu oportunismo, possui elevada capacidade de colonização da rizosfera das plantas, nos mais diversos ambientes, que permitem sua sobrevivência em condições adversas (Monte et al., 2019).

Purpureocillium lilacinum e *Pochonia chlamydosporia* são exemplos de parasitas de nematoides. Estes microrganismos contam com produções de enzimas e metabólitos secundários, que podem degradar a parede celular e/ou liberar enzimas que inibem a reprodução, controlando assim a população

do fitopatógeno (Sharma; Stirling, 1991). Além disso são extremamente seletivos em relação ao seu hospedeiro, o que significa que serão eficazes contra os nematoides alvos sem causar dano negativo ao ecossistema (Cadioli et al., 2007).

Alguns microrganismos nematicidas podem ainda ter efeito de interação com as plantas, estimulando o crescimento de raízes, aumentando a absorção de nutrientes e induzindo respostas de defesas nas mesmas (Berselli et al., 2021).

A utilização de bionematicidas, uma importante ferramenta para assegurar o desenvolvimento sustentável da agricultura, iniciou na década de 90, na fazenda do Grupo AgroSalgueiro, porém, só a partir de 2007 o uso foi intensificado. Em 2018 a agricultura brasileira contava com 52 produtos à disposição e, em 2020 este número saltou para 411 produtos registrados no Brasil (Brasil, 2022). Esta foi uma alternativa ao constante uso de nematicidas químicos, que podem contaminar o solo e eliminar a população microbiana benéfica, além de acabar produzindo, ao longo do tempo, uma população de fitopatógenos resistentes (Stirling, 1991).

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito de agentes antagonistas no controle biológico de *Aphelenchoides besseyi*, na soja.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com temperatura média de 28 °C e alta umidade relativa do ar (> 80 %), mantida por nebulizações de 15 segundos a intervalos de 30 minutos, em condições que favorecem o ataque do patógeno.

A população pura de *A. besseyi* foi multiplicada em cultura de *Fusarium* sp. em meio de cultura BDA e mantida em câmaras tipo BOD, a 26 °C (± 1 °C) (Favoreto et al., 2011), até o momento da inoculação.

A cultivar de soja utilizada foi a BRS 284, semeada em 01/12/2022, em delineamento de blocos casualizados, com 14 tratamentos e 6 repetições. Os tratamentos avaliados e as respectivas doses de aplicação estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Tratamentos (ingrediente ativo) e doses de aplicação utilizadas no ensaio.

	Tratamentos	Dose (g de p.c./ha)
1	Testemunha - <i>A. besseyi</i>	-
2	Testemunha + <i>A. besseyi</i>	-
3	Fertilizante organomineral	150
4	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> & <i>B. pumilus</i> & <i>B. subtilis</i>	200
5	<i>Purpureocillium lilacinum</i> & <i>Pochonia chlamydosporia</i>	100
6	<i>Trichoderma harzianum</i> & <i>T. asperellum</i> & <i>B. amyloliquefaciens</i>	50
7	<i>T. harzianum</i>	50
8	<i>Paecilomyces lilacinus</i> (<i>Purpureocillium lilacinum</i>)	100
9	<i>B. amyloliquefaciens</i> & <i>B. pumilus</i> & <i>B. subtilis</i> + <i>T. harzianum</i>	200 + 50
10	Fertilizante organomineral + <i>T. harzianum</i>	150 + 50
11	<i>P. lilacinum</i> & <i>P. chlamydosporia</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i> & <i>B. pumilus</i> & <i>B. subtilis</i>	100 + 200
12	<i>P. lilacinum</i> & <i>P. chlamydosporia</i> + <i>T. harzianum</i> & <i>T. asperellum</i> & <i>B. amyloliquefaciens</i>	100 + 50
13	<i>P. lilacinum</i> & <i>P. chlamydosporia</i> + <i>T. harzianum</i>	100 + 50
14	<i>P. lilacinum</i> + <i>T. harzianum</i>	100 + 50

* Tratamentos aplicados no sulco de semeadura, em jato dirigido, volume de calda de 40L/ha.

Foram utilizados vasos com capacidade para 500 mL de solo, contendo uma mistura de solo e areia previamente autoclavada na proporção de 1:3, respectivamente. Adicionou-se ao substrato 2 g de osmocote (14-14-14) por vaso.

A aplicação dos tratamentos foi realizada em jato dirigido no sulco de semeadura, pela deposição uniforme de calda, com auxílio de uma pipeta de precisão, sobre a semente de soja semeada em um sulco de 2,0 cm de profundidade, aberto em toda a extensão do diâmetro do vaso. O volume de aplicação de calda foi ajustado para 40 L/ha.

A inoculação com os nematoides foi realizada aos 11 dias após a semeadura, com uma população inicial (PI) de 500 indivíduos por planta. A inoculação foi realizada em um orifício aberto com o auxílio de um bastão de vidro, ao lado do colo de cada planta, seguida de irrigação leve.

Aos 84 dias após a inoculação (DAI) foram realizadas as avaliações. A parte aérea das plantas foi separada do sistema radicular, seccionando a haste logo abaixo do primeiro nó. Após, aferiu-se a altura e a massa fresca, que foram processadas segundo Coolen e D'Herde (1972).

A quantificação da população final (PF) do nematoide foi realizada com auxílio de câmara de Peters, sob microscópio de luz. Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando observada significância pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, utilizando-se o programa SASM-Agri (Canteri et al., 2001).

Resultados e Discussão

Quanto aos parâmetros de desenvolvimento das plantas, observou-se maiores alturas de plantas nos tratamentos T1 (testemunha não inoculada com *A. besseyi*) e T6, diferindo estatisticamente apenas dos tratamentos T2 (testemunha inoculadas com *A. besseyi*), T3 e T13 (Tabela 2). O tratamento T6 contém duas espécies do gênero *Trichoderma*, o qual tem a capacidade de promover o crescimento e vigor das plantas, aumentando a tolerância a estresses, auxiliando na absorção de nutrientes da rizosfera (Kumar, 2013).

Para massa da parte aérea os tratamentos com maiores médias foram o T12, T11, T8, T4, T6, T3 e T7, sendo que apenas o tratamento T12 não sobrepôs com os demais grupamentos estatísticos (Tabela 2).

A quantificação de nematoides na parte aérea das plantas apresentou média de 633 nematoides no tratamento T2 (testemunha inoculadas com *A. besseyi*), não diferindo estatisticamente da média do tratamento T3. O tratamento T13 foi o tratamento com menor média do número de nematoides encontrados na parte aérea, seguido por T8, T10 e T9 (Tabela 3).

Os fungos *P. lilacinum* e *P. chlamydosporia* são oportunistas e possuem grande expressão no controle biológico de fitonematoides, tendo como principais mecanismos de ação o parasitismo de ovos e fêmeas além da indução de resistência em plantas (Zavala-Gonzalez et al., 2015; Ahmed; Monjil, 2019). Os melhores percentuais de controle comparando com o tratamento T2 (testemunha + *A. besseyi*) variaram de 90% a 66%, com o maior percentual para T13, seguido por T8, T10 e T9 (Tabela 3). Em trabalho com aplicação de *P.*

lilacinum via tratamento de sementes em soja, promoveu-se também reduções na população de *P. brachyurus* em até 65% (Dias-Arieira et al., 2018).

Tabela 2. Altura de plantas e massa fresca da parte aérea de soja BRS 284, em função dos tratamentos bionematicidas aos 84 DAI. Londrina, PR, 2023.

	Tratamentos	Altura de planta (m)	Massa da parte aérea (g)
1	Testemunha - <i>A. besseyi</i>	1,14 a	33,5 c
2	Testemunha + <i>A. besseyi</i>	0,82 bc	34,6 bc
3	Fertilizante organomineral	0,65 c	37,5 abc
4	<i>B. amyloliquefaciens</i> & <i>B. pumilus</i> & <i>B. subtilis</i>	1,07 ab	38,6 abc
5	<i>Purpureocillium lilacinum</i> & <i>Pochonia chlamydosporia</i>	0,87 abc	34,6 bc
6	<i>T. harzianum</i> & <i>T. asperellum</i> & <i>B. amyloliquefaciens</i>	1,14 a	37,9 abc
7	<i>T. harzianum</i>	0,88 abc	37,3 abc
8	<i>Paecilomyces lilacinus</i> (<i>Purpureocillium lilacinum</i>)	1,10 ab	42,5 ab
9	<i>B. amyloliquefaciens</i> & <i>B. pumilus</i> & <i>B. subtilis</i> + <i>T. harzianum</i>	1,05 ab	34,4 bc
10	Fertilizante organomineral + <i>T. harzianum</i>	0,95 ab	32,3 c
11	<i>P. lilacinum</i> & <i>P. chlamydosporia</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i> & <i>B. pumilus</i> & <i>B. subtilis</i>	0,97 ab	42,6 ab
12	<i>P. lilacinum</i> & <i>P. chlamydosporia</i> + <i>T. harzianum</i> & <i>T. asperellum</i> & <i>B. amyloliquefaciens</i>	0,96 ab	43,4 a
13	<i>P. lilacinum</i> & <i>P. chlamydosporia</i> + <i>T. harzianum</i>	0,83 bc	33,4 c
14	<i>P. lilacinum</i> + <i>T. harzianum</i>	1,02 ab	31,5 c
	CV (%)	14,8	12,7

Médias de seis repetições; valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$).

Na quantificação de vagens, todos os tratamentos produziram menor quantidade de vagens na comparação com a testemunha não inoculada T1, sendo observada a menor diferença nos tratamentos T5, T6, T8 e T9. Para massa de vagens, também foram observadas menores médias dos tratamentos com bionematicidas em relação à testemunha não inoculada T1, com a menor redução no tratamento T5 (Tabela 4).

Tabela 3. Média do número de nematoides encontrados na parte aérea das plantas de soja BRS 284 e os respectivos percentuais de controle (%C), em função dos tratamentos bionemáticos aos 84 DAI. Londrina, PR, 2023.

Tratamentos	<i>A. besseyi</i>	%C
1 Testemunha - <i>A. besseyi</i>	- -	-
2 Testemunha + <i>A. besseyi</i>	633,3 a	-
3 Fertilizante organomineral	636,7 a	0
4 <i>B. amyloliquefaciens</i> & <i>B. pumilus</i> & <i>B. subtilis</i>	420,0 cd	34
5 <i>Purpureocillium lilacinum</i> & <i>Pochonia chlamydosporia</i>	610,0 ab	4
6 <i>T. harzianum</i> & <i>T. asperellum</i> & <i>B. amyloliquefaciens</i>	270,0 de	57
7 <i>T. harzianum</i>	236,7 ef	63
<i>Paecilomyces lilacinus</i> (<i>Purpureocillium lilacinum</i>)	103,3 fg	84
<i>B. amyloliquefaciens</i> & <i>B. pumilus</i> & <i>B. subtilis</i> + <i>T. harzianum</i>	216,7 efg	66
Fertilizante organomineral + <i>T. harzianum</i>	210,0 efg	67
<i>P. lilacinum</i> & <i>P. chlamydosporia</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i> & <i>B. pumilus</i> & <i>B. subtilis</i>	433,3 c	32
<i>P. lilacinum</i> & <i>P. chlamydosporia</i> + <i>T. harzianum</i> & <i>T. asperellum</i> & <i>B. amyloliquefaciens</i>	260,0 e	59
<i>P. lilacinum</i> & <i>P. chlamydosporia</i> + <i>T. harzianum</i>	64,0 g	90
<i>P. lilacinum</i> + <i>T. harzianum</i>	473,3 bc	25
CV (%)	21,9	

Médias de seis repetições; valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$).

O número e a massa de vagens, assim como a massa da parte aérea das plantas, não refletem necessariamente a eficiência de controle da doença, uma vez que plantas infectadas por *A. besseyi* produzem vagens deformadas, que geralmente não secam, e hastes verdes com retenção foliar, que retêm maior quantidade de água nos tecidos, produzindo maior massa do que os tecidos não infectados.

Tabela 4. Média do número e da massa de vagens da soja BRS 284, em função dos tratamentos bionemáticos aos 84 DAI. Londrina, PR, 2023.

Tratamentos		Nº de vagens	Massa de vagens (g)
1	Testemunha - <i>A. besseyi</i>	20,5 a	7,6 a
2	Testemunha + <i>A. besseyi</i>	3,5 de	2,0 efg
3	Fertilizante organomineral	3,2 de	1,1 gh
4	<i>B. amyloliquefaciens</i> & <i>B. pumilus</i> & <i>B. subtilis</i>	1,5 e	0,9 gh
5	<i>Purpureocillium lilacinum</i> & <i>Pochonia chlamydosporia</i>	10,0 b	5,4 b
6	<i>T. harzianum</i> & <i>T. asperellum</i> & <i>B. amyloliquefaciens</i>	9,8 b	3,6 cd
7	<i>T. harzianum</i>	5,3 cd	2,0 efg
8	<i>Paecilomyces lilacinus</i> (<i>Purpureocillium lilacinum</i>)	9,0 b	3,0 cde
9	<i>B. amyloliquefaciens</i> & <i>B. pumilus</i> & <i>B. subtilis</i> + <i>T. harzianum</i>	8,8 bc	4,1 c
10	Fertilizante organomineral + <i>T. harzianum</i>	5,3 cd	2,0 efg
11	<i>P. lilacinum</i> & <i>P. chlamydosporia</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i> & <i>B. pumilus</i> & <i>B. subtilis</i>	4,7 de	2,5 def
12	<i>P. lilacinum</i> & <i>P. chlamydosporia</i> + <i>T. harzianum</i> & <i>T. asperellum</i> & <i>B. amyloliquefaciens</i>	2,7 de	1,4 fgh
13	<i>P. lilacinum</i> & <i>P. chlamydosporia</i> + <i>T. harzianum</i>	2,3 de	1,0 gh
14	<i>P. lilacinum</i> + <i>T. harzianum</i>	2,0 de	0,7 h
	CV (%)	27,9	21,2

Médias de seis repetições; valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$).

Conclusão

De acordo com os dados obtidos e considerando-se as condições controladas em que o experimento foi conduzido, conclui-se que houve efeito de controle da nematose causada por *A. besseyi* em soja, pela aplicação de bionemáticas.

As formulações de *B. amyloliquefaciens* & *B. pumilus* & *B. subtilis* e de *P. lilacinus* & *P. chlamydosporia* isoladas ou associadas entre elas ou com *T. harzianum* ou com *T. harzianum* + *T. asperellum* + *B. amyloliquefaciens*, apresentam eficiência de controle de *A. besseyi* com base na redução da concentração de nematoides nos tecidos das plantas.

Referências

- AHMED, S.; MONJIL, M. Effect of *Paecilomyces lilacinus* on tomato plants and the management of root-knot nematodes. **Journal of Bangladesh Agricultural University**, v. 17, n. 1, p. 9-13, 2019.
- BERSELLI, A. P.; BONADIO, D. T.; DIAS, H. M. Ver para crer: abordagens com microscopia de fluorescência no estudo de interação planta-microrganismo. In: MONTEIRO, S. S.; LÍRIO, E. J. de; LOPES, A. dos S.; AMARAL, F. P. M. do; SPOSITO, M. P.; FURLAN, C. M. (org.). **Botânica no inverno 2021**. São Paulo: IB/USP, 2021, p.188-201.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Mapa bate recorde de registros de defensivos agrícolas de controle biológico**. 03 nov. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mapa-bate-recorde-de-registros-de-defensivos-agricolas-de-controle-biologico>. Acesso em: 15 maio 2023.
- CADIOLI, M. C.; SANTIAGO, D. C.; HOSHINO, A. T.; HOMECHIN, M. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 2, p. 305-311, 2007.
- CANTERI, M. G.; ALTHAUS, R. A.; VIRGENS FILHO, J. S.; GIGLIOTI, E. A.; GODOY, C. V. SASM-Agri – Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v. 1, p. 18-24, 2001.
- COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue**. Ghent: State Agricultural Research Center, 1972. 77 p.
- DIAS-ARIEIRA, C. R.; ARAÚJO, F. G.; KANEKO, L.; SANTIAGO, D. C. Biological control of *Pratylenchus brachyurus* in soya bean crops. **Journal of Phytopathology**, v. 166, n. 10, p. 722-728, 2018.
- FAVORETO, L.; SANTOS, J. M.; CALZAVARA, S. A.; LARA, L. A. Estudo fitossanitário, multiplicação e taxonomia de nematoides encontrados em sementes de gramíneas forrageiras no Brasil. **Nematologia Brasileira**, v. 35, n. 1-2, p. 20-35, 2011.
- KUMAR, S. Trichoderma: A biological weapon for managing plant diseases and promoting sustainability. **International Journal of Agricultural Science and Medicine Veterinary**, v. 1, n. 3, p. 106-121, 2013.
- LOPEZ-LIMA, D.; CARRION, G.; NÚÑEZ-SÁNCHEZ, A. E. Isolation of fungi associated with *Criconemoides* sp. and their potential use in the biological control of ectoparasitic and semiendoparasitic nematodes in sugar cane. **Australian Journal of Crop Science**, v. 8, n. 3, p. 389-396, 2014.
- MEYER, M. C.; FAVORETO, L.; KLEPKER, D.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C. Soybean green stem and foliar retention syndrome caused by *Aphelenchoides besseyi*. **Tropical Plant Pathology**, v. 42, n. 5, p. 403-409, 2017. DOI: 10.1007/s40858-017-0167-z.
- MONTE, E.; BETTIOL, W.; HERMOSA, R. *Trichoderma* e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. (ed.). **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 181-199.
- SHARMA, R. D.; STIRLING, G. R. In vivo mass production systems for *Pasteuria penetrans*. **Nematologica**, v. 37, n. 4, p. 483-485, 1991.

STIRLING, G. R. **Biological control of plant parasitic nematodes**: progress, problems and prospects. Wallingford: CAB International, 1991. 282 p.

ZAVALA-GONZALEZ, E. A.; ESCUDERO, N.; LOPEZ-MOYA, F.; ARANDA-MARTINEZ, A.; EXPOSITO, A.; RICAÑO-RODRIGUEZ, J.; ORTIZNARANJO, M. A.; RAMÍREZ-LEPE, M.; LOPEZ-LLORCA, L. V. Some isolates of the nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia* promote root growth and reduce flowering time of tomato. **Annals of Applied Biology**, v. 166, n. 3, p. 472-483, 2015.

Efeito da inoculação com bactérias promotoras do crescimento de plantas em pastagens de *Megathyrus maximus* cv. BRS Zuri e *Urochloa ruziziensis*

GUIMARÃES, G. S.¹; CANELOSI, B. F.²; NOGUEIRA, M. A.³; HUNGRIA, M.³

¹UEL, Departamento de Bioquímica e Biotecnologia, Londrina, PR; ²Unifil, Centro Universitário Filadélfia;

³Pesquisador(a), Embrapa Soja.

Introdução

As bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) têm sido utilizadas de modo crescente na agricultura, particularmente devido à demanda por tecnologias sustentáveis, que podem reduzir custos de produção e aumentar a produtividade e rentabilidade do agronegócio (Gomes et al., 2016). Contudo, o uso de BPCP em pastagens ainda é modesto.

As pastagens possuem uma estrutura característica central e determinante, tanto na dinâmica de crescimento e competição nas comunidades vegetais, quanto ao comportamento ingestivo dos animais em pastejo. Em um sistema de produção com animais confinados, o desempenho animal é a consequência direta da concentração de nutrientes no alimento oferecido. Já no sistema pastoril há variáveis associadas ao processo de pastejo dos animais em resposta à estrutura da vegetação, o que explica diferentes níveis de produção (Briske; Heitschmidt, 1991).

O Brasil ocupa, hoje, a posição de segundo maior produtor e maior exportador mundial de carne bovina. As pastagens são críticas para a produção de carne bovina no país, sendo a forma mais econômica e prática de alimentar o gado. Elas são a base da pecuária brasileira, garantindo baixos custos de produção e desempenhando um papel fundamental na oferta de alimentos para o rebanho (Dias-Filho, 2014).

Cerca de 93% do rebanho brasileiro é criado em sistema extensivo ocupando, aproximadamente, 180 milhões de hectares (Mha), dos quais 120 Mha são destinados a pastagens cultivadas. Estima-se que 70% das pastagens do país estejam em algum estágio de degradação. Nesse contexto, o uso

de BPCP apresenta-se como uma estratégia promissora para reverter esse cenário (Guimarães et al., 2022).

Esse estudo teve como objetivo observar o desenvolvimento de pastagens na presença de diferentes BPCPs e do único produto comercial com registro para pastagens (PastoMax), em comparação com controles não inoculados.

Materiais e Métodos

O ensaio foi realizado na estação experimental da Embrapa Soja, em Londrina-PR, com duas espécies de forrageiras *Megathyrsus* (sin. *Panicum*) *maximus* cv. BRS Zuri e *Urochloa* (sin. *Brachiaria*) *ruzizensis*. Para cada espécie foram incluídos quinze tratamentos com seis repetições, em parcelas de 8 m². Os tratamentos para cada espécie estão listados na Tabela 1.

As BPCP avaliadas foram *Azospirillum brasilense* estirpes CNPSo 2083 (=Ab-V5) e CNPSo 2084 (=Ab-V6) e *Pseudomonas fluorescens* estirpe CNPSo 2799. No caso do PastoMax as estirpes são as mesmas de *A. brasilense* e a estirpe de *P. fluorescens* é a CNPSo 2719. Todas as estirpes encontram-se depositadas na “Coleção de Culturas de Microrganismos Multifuncionais da Embrapa Soja: Bactérias Diazotróficas e Promotoras do Crescimento de Plantas”. Os inoculantes de pesquisa foram elaborados no Laboratório de Biotecnologia do Solo da Embrapa Soja.

A inoculação foi realizada na semeadura. Posteriormente, as parcelas foram subdivididas, procedendo-se à inoculação via foliar após o terceiro corte em metade de cada parcela.

No período de 25/01/2022 a 07/11/2022, foram realizados seis cortes para avaliação dos parâmetros. Os cortes foram definidos de acordo com a altura das plantas, de 80 cm para *M. maximus* e de 30 a 35 cm para *U. ruzizensis*, mimetizando a alimentação bovina. Em cada coleta foi avaliado o volume de raízes e a massa da parte aérea seca.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos do ensaio a campo com *Megathyrus maximus* cv. BRS Zuri e *Urochloa ruziziensis* conduzido na estação experimental da Embrapa Soja, em Londrina–PR.

Tratamentos	Descrição
Tratamento 1	Não inoculado, sem N
Tratamento 2	Não inoculado, 50 kg de N
Tratamento 3	Não inoculado, 100 kg de N
Tratamento 4	50 kg de N + <i>A. brasilense</i> CNPSo 2083 + 2084
Tratamento 5	50 kg de N + <i>P. fluorescens</i> CNPSo 2799
Tratamento 6	100 kg de N + <i>A. brasilense</i> CNPSo 2083 + 2084
Tratamento 7	100 kg de N + <i>P. fluorescens</i> CNPSo 2799
Tratamento 8	50 kg de N + PastoMax
Tratamento 9	100 kg de N + PastoMax
Tratamento 10	50 kg de N + <i>A. brasilense</i> CNPSo 2083 + 2084, com aplicação via semente e foliar
Tratamento 11	50 kg de N + <i>P. fluorescens</i> CNPSo 2799, com aplicação via semente e foliar
Tratamento 12	100 kg de N + <i>A. brasilense</i> CNPSo 2083 + 2084, com aplicação via semente e foliar
Tratamento 13	100 kg de N + <i>P. fluorescens</i> CNPSo 2799, com aplicação via semente e foliar
Tratamento 14	50 kg de N + PastoMax, com aplicação via semente e foliar
Tratamento 15	100 kg de N + PastoMax, com aplicação via semente e foliar

Resultados e Discussão

Em relação ao volume de raízes, *P. fluorescens* resultou em incremento impactante em *Urochloa*, de três vezes em relação ao controle não inoculado (Tabela 2). Não houve diferença estatística pela inoculação com BPCP em *M. maximus* (Tabela 2). Em trabalhos conduzidos anteriormente em casa de vegetação foram constatados benefícios em diversos parâmetros radiculares pela inoculação com *A. brasilense* tanto em braquiárias (Hungria et al., 2021), como em *Megathyrus* (Guimarães et al., 2022) mas, no caso deste estudo, embora tenha sido constatado um incremento de 65% no volume de raízes da braquiária, ele não foi estatisticamente significativo.

Tabela 2. Volume das raízes por centímetro cúbico de solo (mm^3/cm^3) em função da inoculação de *Urochloa ruziziensis* e *Megathyrus maximus* cv. BRS Zuri com bactérias promotoras do crescimento de plantas.

Tratamentos	<i>U. ruziziensis</i>	Zuri
Controle	0,551 b ¹	0,884 ^{ns}
<i>Azospirillum brasilense</i>	0,911 b	0,712
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1,658 a	0,876
PastoMax	0,984 b	0,627

¹ Os dados representam médias de seis repetições e, quando seguidos pela mesma letra, em cada espécie de forragem, não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ao nível de $p < 0.05$.

Em relação à massa da parte aérea seca foram realizados seis cortes para *Megathyrus* e apenas cinco na braquiária, por temperaturas baixas, que impactaram o crescimento dessa forragem.

Houve um destaque na produção de massa seca da parte aérea de braquiária para o tratamento inoculado com *A. brasilense* recebendo 100 kg/ha de N com reinoculação via foliar, que resultou em incremento de 16,8% em relação ao controle não inoculado recebendo a mesma dose de N (Tabela 3). Em BRS Zuri, o tratamento com melhor desempenho foi o da inoculação com *A. brasilense* + 100 N, que foi superior em 11,5% em relação ao controle não inoculado com a mesma dose de N.

Tabela 3. Massa seca da parte aérea (g/m²) em função da inoculação de sementes e reinoculação via foliar (VF) de *Urochloa ruziziensis* e *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri com bactérias promotoras do crescimento de plantas.

Tratamentos	<i>U. ruziziensis</i>	Zuri
Controle	665 d	1162 abc
Controle + 50 N	693 bcd	1166 abc
Controle + 100 N	702 bcd	bc
<i>Azospirillum brasilense</i> + 50 N	645 d	1252 abc
<i>Pseudomonas fluorescens</i> + 50 N	645 d	1169 abc
<i>A. brasilense</i> + 100 N	729 abcd	1279 a
<i>P. fluorescens</i> + 100 N	650 d	1269 ab
PastoMax + 50 N	678 cd	1151 abc
PastoMax + 100 N	783 ab	1166 abc
<i>A. brasilense</i> + 50 N + VF	641 d	1217 abc
<i>P. fluorescens</i> + 50 N + VF	651 d	1143 bc
<i>A. brasilense</i> + 100 N + VF	820 a	1261 abc
<i>P. fluorescens</i> + 100 N + VF	634 d	1271 ab
PastoMax + 50 N + VF	679 cd	1138 c
PastoMax + 100 N + VF	776 abc	1177 abc

¹ Dados representam o valor acumulado de cinco (*Urochloa*) e seis (Zuri) coletas, cada uma com seis repetições e quando seguidos por diferentes letras diferem entre si através do teste de Duncan com $p < 0.05$.

Conclusão

Pode-se concluir que a aplicação de BPCP pode melhorar o desenvolvimento de raízes e da parte aérea de gramíneas forrageiras. Contudo, é importante determinar quais bactérias são mais responsivas a cada hospedeiro.

Além disso, os microrganismos presentes nesse estudo podem ser integrados em estratégias para melhorar as condições e a sustentabilidade das pastagens degradadas.

Agradecimento

Projeto parcialmente financiado, incluindo bolsa de ICI de B. F. Canelossi pelo INCT- Microrganismos Promotores do Crescimento de Plantas Visando à Sustentabilidade Agrícola e à Responsabilidade Ambiental – MPCPAgro - (CNPq 465133/2014-4, Fundação Araucária-STI 043/2019, CAPES).

Referências

BRISKE, D. D.; HEITSCHMIDT, R. K. An ecological perspective. In: HEITSCHMIDT, R. K.; STUTH, J. W. (ed.). **Grazing management: an ecological perspective**. Oregon: Timber Press, 1991.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 402).

GOMES, E. A.; SILVA, U. D. C.; OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; LANA, U. D. P.; MARRIEL, I. E.; SANTOS, V. L. dos **Microrganismos promotores do crescimento de plantas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. 51 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 208).

GUIMARÃES, G. S.; RONDINA, A. B. L.; SANTOS, M. S.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Pointing out opportunities to increase grassland pastures productivity via microbial inoculants: attending the society's demands for meat production with sustainability. **Agronomy**, v. 12, n. 8, 1748, 2022. 23 p.

HUNGRIA, M.; RONDINA, A. B. L.; NUNES, A. L. P.; ARAUJO, R. S.; NOGUEIRA, M. A. Seed and leaf-spray inoculation of PGPR in brachiarias (*Urochloa* spp.) as an economic and environmental opportunity to improve plant growth, forage yield and nutrient status. **Plant and Soil**, v. 463, p. 171-186, 2021.

Aspectos biológicos de *Spodoptera frugiperda*, *S. cosmioides* e *Helicoverpa armigera* alimentando-se de soja: bases para o manejo dessas lagartas

SANTOS, M. S.¹; SANTOS, J. V. C.²; SILVA, D. M.³; SUTIL, W. P.⁴; BUENO, A. de F.⁵

¹Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR; ²Graduação, Universidade Estadual Centro-Oeste, Guarapuava, PR; ³Pós-doutorado – FAPED/Embrapa Soja; ⁴Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Curitiba, PR; ⁵Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

Os lepidópteros desfolhadores estão entre as principais pragas da cultura da soja (Bortolotto et al., 2015). Seu manejo foi revolucionado pelo cultivo de plantas geneticamente modificadas que expressam os genes de *Bacillus thuringiensis* (conhecido como soja *Bt*). O Brasil foi o primeiro país a aprovar em 2010 o evento MON 87701 × MON 89788, denominada Soja Intacta™ Roundup Ready™ 2 Pro, que expressa a proteína inseticida Cry1Ac. A soja Bt foi semeada comercialmente a partir da safra 2013/2014 e, em poucos anos após a liberação de seu cultivo comercial, passou a ocupar mais de 30 milhões de hectares cultivados a cada safra (Spark, 2021). Apesar de sua eficiência comprovada para o controle das principais lagartas da soja (Macrae et al., 2005; Bernardi et al., 2014; Dourado et al., 2016), algumas espécies de lepidópteros como aquelas dos gêneros *Spodoptera* e *Helicoverpa* são naturalmente tolerantes ao Cry1Ac e precisam continuar sendo controladas na cultura com outras ferramentas de manejo, como os inseticidas. É importante salientar que o Manejo Integrado de Praga da Soja (MIP-Soja) se baseia na premissa de que não são todas as espécies de insetos que necessitam de controle e, que alguns níveis de infestação e injúria são toleráveis pelas plantas, sem ocorrer redução econômica da produção e, portanto, o controle deve apenas ocorrer depois que os níveis de ação são alcançados ou ultrapassados (Higley; Peterson, 1996).

Os níveis de ação devem considerar a capacidade da praga em danificar folhas, flores e/ou as vagens. Parâmetros biológicos e nutritivos de *Spodoptera* spp. e *Helicoverpa* spp., em laboratório têm sido avaliados, com as espécies se

alimentando de diversos tecidos de plantas (Bortoli et al., 2012; Montezano et al., 2013, 2014, 2019; Favetti et al., 2015; Specht; Roque-Specht, 2016; Silva et al., 2017). Entretanto, ainda são escassas informações da biologia desses insetos se alimentando de flores e vagens de soja.

Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o comportamento alimentar de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797), *Spodoptera cosmioides* Walker, 1858 e *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1805), lepidópteros pertencentes a família Noctuidae em condições de semi-campo em diferentes estágios fenológicos da soja, visando entender os danos ocasionados e seu impacto na produtividade da soja.

Material e Métodos

Criação de insetos

As criações foram mantidas em condições controladas (temperatura de 27 ± 2 °C, fotoperíodo de 14 e umidade relativa de $60\pm 10\%$). As lagartas de *S. frugiperda*, *S. cosmioides*, *H. armigera*, foram acondicionadas em copos plásticos de 150 mL contendo dieta artificial adaptada de Greene (Greene et al., 1976). Ao atingirem o 3º instar as lagartas foram individualizadas em copos de 50 mL com dieta artificial até atingirem a fase de pupa. Essas por sua vez, foram realocadas em caixas gerbox organizadas por data e sexo e colocadas em gaiolas de acrílico, visando a emergência dos adultos para acasalamento.

As gaiolas de adultos têm capacidade para 60 a 70 casais, medindo cerca de 45 x 33 x 35 cm e com paredes de acrílico transparente de 5 mm de espessura. Seu interior é forrado com papel filtro ou papel guardanapo umedecido na parte inferior e as laterais são forradas com folhas de papel sulfite tamanho A3, com o intuito de servirem como substrato para oviposição. Cada gaiola conta ainda com duas placas de Petri (6 cm de diâmetro) contendo água e 2 com alimento (mel a 10 %). Dessa forma, tanto os papeis, quanto as placas de petri são trocadas a cada 2 dias.

As posturas coletadas nas gaiolas dos insetos adultos foram recortadas, emergidas em sulfato de cobre a 10% que após a secagem foram separadas em pote plástico (150 mL) contendo dieta. Esses recipientes são datados e realocados em sala de criação para que se dê início a um novo ciclo do inseto.

Desenho experimental e análises estatísticas

O experimento foi instalado em casa de vegetação, seguindo delineamento inteiramente casualizado (DIC), dois estádios de desenvolvimento da soja (vegetativo e reprodutivo), três espécies de lagartas (*S. frugiperda*, *S. cosmioides*, *H. armigera*) e a testemunha (sem infestação), com cinco repetições, totalizando quarenta unidades experimentais.

Cada unidade experimental equivale a um vaso de cinco litros preenchido com solo do tipo Latossolo vermelho, onde foram semeadas cinco sementes de soja da cultivar convencional BRS 544 e posteriormente realizado o desbaste mantendo somente duas plantas por vaso. Assim que as plantas atingiram o estágio desejado (V4 para a fase vegetativa, R4 para a fase reprodutiva) elas foram envoltas em gaiolas de ferro com tecido do tipo “voil”, para evitar a fuga dos insetos.

Foi dado início ao experimento com a infestação dos vasos adicionando cinco lagartas (em terceiro ínstar) da mesma espécie em cada vaso até atingirem a fase de pupa, que posteriormente foram removidas e eliminadas. Foi avaliado no decorrer do projeto os danos causados em caule, desfolha visual (%) e total de vagens. As plantas de soja foram mantidas até R8 (maturação) sendo então realizada a colheita para análise total de grãos e produtividade com grãos a 13% de umidade. Os dados obtidos foram submetidos a verificação de pressupostos de normalidade dos erros e homogeneidade, seguindo com análise de variância e quando significativo foi utilizado o teste de comparação de médias de Tukey ($p < 0,05\%$) para agrupamento dos tratamentos, utilizando o programa Assistat.

Resultado e Discussão

Os resultados observados durante o período vegetativo (Tabela 1) comprovam a tolerância da planta de soja a desfolha e a injúrias no caule visto que não houve diferença significativa na produtividade final. É possível observar um maior consumo foliar de *H. armigera* seguido por *S. cosmioides*. Segundo estudo realizado por Guazina et al. (2019) e Cutti et al. (2019), é possível observar que lagartas como *H. armigera* causam danos severos às plântulas de soja, consumindo folhas unifolioladas, cotilédones e haste. Sendo assim,

é importante destacar que a capacidade dessas espécies de lagartas em danificar a planta de soja pode variar dependendo do estágio fenológico do desenvolvimento da planta em que este ataque ocorre. Neste estudo, a infestação inicial com uma população de cinco lagartas ocorreu com plantas entre os estádios fenológicos V4 e V6 (Fehr; Caviness, 1977), o que pode explicar a ausência de redução da produtividade. Ataques em outros períodos, com diferentes populações podem trazer resultados diferentes. Entretanto, é importante se destacar que as espécies de lagartas estudadas não apresentaram preferência por um único tecido da planta. No campo pode ocorrer migração entre soja e plantas daninhas ou vice-versa, o que poderá favorecer a sobrevivência e permanência do inseto na área.

Tabela 1. Injúria causada por diferentes espécies de lagartas e seu impacto em parâmetros produtivos da soja quando infestados no período vegetativo e reprodutivo da soja

Vegetativo					
Tratamento	Dano em Caule	Desfolha (%)	Produtividade (kg)	Total de vagens	Total de grãos
<i>S. frugiperda</i>	22,0 a	1,0 c	0,022 a	85,4 b	183,8 ab
<i>S. cosmioides</i>	36,4 a	19,6 b	0,019 a	82,4 b	167,5 b
<i>H. armigera</i>	36,8 a	90,4 a	0,021 a	67,8 b	154,4 b
Testemunha	0 b	0 c	0,027 a	161,2 a	325,2 a
Reprodutivo					
Tratamento	Dano em Caule	Desfolha (%)	Produtividade (kg)	Total de vagens	Total de grãos
<i>S. frugiperda</i>	12,0 a	0 b	0,017 a	85,4 a	183,8 a
<i>S. cosmioides</i>	9,6 a	7,6 a	0,018 ab	55,6 b	111 b
<i>H. armigera</i>	6,2 ab	0 b	0,014 b	45,8 b	76,4 b
Testemunha	0 b	0 b	0,024 a	90,2 a	199 a

Medias seguidas de mesma letra na coluna para cada período de desenvolvimento da planta não diferem entre si pelo teste de Tukey (5% de probabilidade).

Atualmente, no Brasil o manejo de lagartas de lepidópteros em soja é iniciado com a presença em média de 20 lagartas grandes ($\geq 1,5$ cm) por pano de batida ou 30% de desfolha (Justus et al., 2022). Porém, nesse experimento a população foi fixa até a fase de pupa, o que limitou a capacidade de consumo das lagartas dentro de uma determinada fase do desenvolvimento

da soja não sendo observado diferenças significativas na produtividade (kg) dos tratamentos comparados com a testemunha, ou seja, a produtividade das plantas injuriadas não difere da testemunha que não sofreu injúria por lagartas. É também possível observar que o total de vagens apesar de diferir da testemunha não apresenta diferença significativa entre os tratamentos, o mesmo ocorre quando observado os dados do total de grãos. Dessa forma, se os danos são causados nas plantas apenas no período vegetativo, estas conseguem tolerar os danos e manter sua produtividade.

Já, observando-se os dados do período reprodutivo, tem-se consumo foliar (desfolha) menor, quando comparado com o período vegetativo. As médias de desfolha tiveram uma redução de cerca de 45%. Apenas *S. cosmioides* causou desfolha, entretanto, com uma baixa de cerca de 61% quando comparado ao período vegetativo. Dessa forma, é possível afirmar que no período reprodutivo a preferência das espécies de insetos avaliadas não é o caule ou folha.

Ainda nesse contexto, quando observados as médias de produtividade com insetos presentes durante o estágio reprodutivo, é possível observar que *S. cosmioides* e *H. armigera* não se diferenciam entre si; porém, quando observado o comparativo entre os diferentes períodos, é possível observar que houve uma menor produtividade de respectivamente 4% e 31%, quando comparado ao período vegetativo. Isso se dá, pois as plantas avaliadas no período vegetativo puderam concluir o desenvolvimento de vagens e grãos sem a presença de insetos que pudessem causar algum tipo de dano relevante a produtividade.

Quanto a análise do total de vagens e grãos, o tratamento com *S. frugiperda* não demonstrou diferença significativa quando comparada a testemunha, mas da mesma forma que a produtividade a *S. cosmioides* e *H. armigera* não se diferenciaram significativamente, e quando comparado ao período vegetativo demonstraram uma diminuição nos aspectos avaliados de 32% a 44% no total de vagens e de 33% a 50% no total de grãos. Assim sendo, é possível observar que as plantas que sofrem um maior estresse devido à alta concentração de insetos tiveram uma diminuição da produtividade. Além disso, deve-se levar em consideração ainda os danos indiretos que podem colaborar para a diminuição da produtividade como o tombamento da planta decorrente da raspagem do caule.

Conclusão

Diante dos resultados apresentados, é possível observar que as plantas de soja suportam maiores níveis de danos e desfolha no período vegetativo, sem impactos na produtividade. Por outro lado, os danos ocasionados no período reprodutivo impactaram a produtividade da planta, devido ao consumo direto das vagens.

Referências

- BERNARDI, O.; DOURADO, P. M.; CARVALHO, R. A.; MARTINELLI, S.; BERGER, G. U.; HEAD, G. P.; OMOTO, C. High levels of biological activity of Cry1Ac protein expressed on MON 87701× MON 89788 soybean against *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Pest Management Science**, v. 70, n. 4, p. 588-594, 2014.
- BORTOLI, S. A. de; VACARI, A. M.; MAGALHÃES, G. O. de; DIBELLI, W.; BORTOLI, C. P. de; ALVES, M. P. Subdosagens de *Bacillus thuringiensis* em *Plutella xylostella* (Lepidoptera:Plutellidae) e *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Revista Caatinga**, v. 25, n. 2, p. 50-57, 2012.
- BORTOLOTO, O. C.; POMARI-FERNANDES, A.; BUENO, R. C. O. de F.; BUENO, A. de F.; KRUZ, Y. K. S. da; QUEIROZ, A. P.; SANZOVO, A.; FERREIRA, R. B. The use of soybean integrated pest management in Brazil: a review. **Agronomy Science and Biotechnology**, v. 1, n. 1, p. 25-32, 2015.
- CUTTI, L.; MURARO, D. S.; SILVA, V. A.; KASPARY, T. E.; BASSO, C. J.; ROGGIA, S. Leaf consumption and preference to *Conyza* sp., conventional and Bt soybean by *Helicoverpa armigera*. **Planta Daninha**, v. 37, e019211566, 2019. 8 p.
- DOURADO, P. M.; BACALHAU, F. B.; AMADO, D.; CARVALHO, R. A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; OMOTO, C. High susceptibility to Cry1Ac and low resistance allele frequency reduce the risk of resistance of *Helicoverpa armigera* to Bt soybean in Brazil. **PLoS One**, v. 11, n. 10, e0165142, 2016.
- FAVETTI, B. M.; BUTNARIU, A. R.; FOERSTER, L. A. Biology and reproductive capacity of *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera, Noctuidae) in different soybean cultivars. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 59, p. 89-95, 2015.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p.
- GREENE, G. L.; LEPPLA, N. C.; DICKERSON, W. A. Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology**, v. 69, p. 487-488, 1976.
- GUAZINA, R. A.; DEGRANDE, P. E.; SOUZA, E. P.; GAUER, E. Danos da lagarta *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1805) (Lepidoptera: Noctuidae) em plântulas de soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 1, p. 41-46, 2019.

- HIGLEY, L. G.; PETERSON, R. K. D. The biological basis of the EIL. In: HIGLEY, L. G.; PEDIGO, L. P. (ed.). **Economic thresholds for integrated pest management**. Lincoln: University of Nebraska Press, 1996. p. 22-40.
- JUSTUS, C. M.; PAULA-MORAES, S. V.; PASINI, A.; HOBACK, W. W.; HAYASHIDA, R.; BUENO, A. de F. Simulated soybean pod and flower injuries and economic thresholds for *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae) management decisions. **Crop Protection**, v. 155, 105936, 2022. 8 p.
- MACRAE, T. C.; BAUR, M. E.; BOETHEL, D. J.; FITZPATRICK, B. J.; GAO, A. G.; GAMUNDI, J. C.; HARRISON, L. A.; KABUYE, V. T.; MCPHERSON, R. M.; MIKLOS, J. A.; PARADISE, M. S.; TOEDEBUSCH, A. S.; VIEGAS, A. Laboratory and field evaluations of transgenic soybean exhibiting high-dose expression of a synthetic *Bacillus thuringiensis* cry1A gene for control of Lepidoptera. **Journal Economy Entomology**, v. 98, p. 577-587, 2005.
- MONTEZANO, D. G.; SPECHT, A.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; ROQUE-SPECHT, V. F.; BARROS, N. M. de. Biotic potential and reproductive parameters of *Spodoptera eridania* (Stoll) (Lepidoptera, Noctuidae) in the laboratory. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 57, n. 3, p. 340-346, 2013.
- MONTEZANO, D. G.; SPECHT, A.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; ROQUE-SPECHT, V. F.; BARROS, N. M. de. Immature stages of *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae): developmental parameters and host plants. **Journal of Insect Science**, v. 14, n. 1, 238, 2014. 11 p.
- MONTEZANO, D. G.; SPECHT, A.; SÓSA-GOMEZ, D. R.; ROQUE-SPECHT, V. F.; MALAQUIAS, J. V.; PAULA-MORAES, S. V.; PETERSON, J. A.; HUNT, T. E. Biotic potential and reproductive parameters of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 13, p. 240-252, 2019.
- SILVA, D. M. da; BUENO, A. de F.; ANDRADE, K.; STECCA, C. dos S.; NEVES, P. M. O. J.; OLIVEIRA, M. C. N. de. Biology and nutrition of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) fed on different food sources. **Scientia Agricola**, v. 74, n. 1, p. 18-31, 2017.
- SPARK. **BIP soja**. Valinhos, 2021. Disponível em: <http://spark-ie.com.br>. Acesso em: 10 set. 2022.
- SPECHT, A.; ROQUE-SPECHT, V. F. Immature stages of *Spodoptera cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae): developmental parameters and host plants. **Zoologia**, v. 33, n. 4, e20160053, 2016.

Interação do fungo *Metarhizium rileyi* e rutina: efeito na mortalidade e no peso de pupas de *Anticarsia gemmatalis* e *Spodoptera frugiperda*

BESSION, M. A.¹; SOSA-GÓMEZ, D. R.²; ALMEIDA, A. de³; ZOCCOLO, G. J.⁴; HOFFMANN-CAMPO, C. B.²

¹Universidade Anhanguera, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR; ²Pesquisador(a), Embrapa Soja; ³Universidade Federal do Paraná; ⁴Pesquisador, Embrapa Agroindústria Tropical

Introdução

A lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatalis*, e a lagarta-do-cartucho-do-milho, *Spodoptera frugiperda*, fazem parte das espécies de lepidópteros desfolhadores da cultura de soja no país (Sosa-Gómez et al., 2023). Ambas possuem grande potencial de causar dano econômico na cultivares utilizadas no Brasil. As lagartas desfolhadoras de soja alimentam-se principalmente de folhas mais jovens da soja, mas também de outras partes vegetais da planta (Moscardi et al., 2012).

A rutina (quercetina-3-O-rutinosídeo) é um flavonoide de estrutura complexa que lhe confere diversas propriedades biológicas importantes, que foi detectado em extratos foliares de genótipos resistentes a insetos desfolhadores das soja (Hoffmann-Campo et al., 2001; Piubelli et al., 2005). Quando presente na dieta de *A. gemmatalis*, a rutina causou efeitos negativos ao crescimento pela redução do consumo de alimentos, assim como ocasionou menor conversão do alimento ingerido em massa corporal (Hoffmann-Campo et al., 2006). Além disso, pode provocar alterações na membrana peritrófica da lagarta-da-soja (Cruz et al., 2017). Em *S. frugiperda*, quando adicionada à dieta, a rutina causou um significativo atraso em seu desenvolvimento, reduziu o peso larval e de pupa, e a viabilidade das pupas (Silva et al., 2016).

O fungo *Metarhizium rileyi* (= *Nomureae rileyi*) é um fungo de ocorrência natural que infecta diversos lepidópteros-praga de culturas agrícolas (Fronza et al., 2017). É um entomopatógeno que, com condições climáticas ideais, pode ser considerado um importante agente de controle biológico (Bueno et al., 2012).

O objetivo do presente trabalho foi determinar o efeito da interação do flavonoide rutina com o fungo patogênico *M. rileyi* na mortalidade das lagartas e no peso de pupas sobreviventes de *A. gemmatalis* e *S. frugiperda*.

Materiais e Métodos

Os experimentos foram realizados no laboratório de Entomologia da Embrapa Soja, em Londrina, PR. Para a realização dos experimentos foi utilizada a dieta artificial para a criação massal de lagartas, que ao atingir 50°C recebeu duas concentrações de rutina (3g e 6g/100mL de dieta). A dieta ainda parcialmente líquida foi vertida em gerbox e, quando atingiu a consistência adequada, foi cortada em quadrados e colocada em placas de Petri.

Lagartas de terceiro instar foram mergulhadas em solução aquosa contendo duas doses do fungo *M. rileyi* (4×10^6 e 8×10^6 conídios /mL, com 8% de viabilidade) e, na sequência, transferidas para dieta com rutina ou sem (testemunha). Os tratamentos testados foram (i) testemunha, contendo apenas dieta sem rutina, lagartas sadias (não inoculadas com *M. rileyi*); dieta com 3g (ii) e 6g (iii) de rutina, lagartas sadias; dietas sem rutina, lagartas inoculadas com *M. rileyi* na dose menor (iv) e maior (v); dieta com 3g de rutina, lagartas inoculadas com *M. rileyi* na dose menor (vi) e maior (vii); dieta com 6g de rutina lagartas inoculadas com *M. rileyi* na dose menor (viii) e maior (ix). O delineamento foi inteiramente ao acaso e o número de repetições de cada tratamento foi 10, sendo cada um, composto por três lagartas.

Os insetos foram mantidos durante a realização dos experimentos em incubadora BOD ($26 \pm 1,5$ °C e 75% de UR). As lagartas de *S. frugiperda* e *A. gemmatalis* permaneceram na dieta com rutina, respectivamente, por 5 e 4 dias, sendo então transferidas para uma dieta sem adição do flavonoide; o alimento foi repostado a cada dois dias. Os insetos foram examinados diariamente para a constatação de mortes ou da ocorrência de pupas, que foram pesadas 24h após a transformação.

Resultados e Discussão

A ocorrência e o percentual de mortes de indivíduos de *S. frugiperda* e de *A. gemmatalis* provocados pela interação entre o fungo e o flavonoide é apresentada nas Figuras 1 e 2, respectivamente. Com a adição de rutina à dieta, na presença do fungo, observou-se mais mortes em *S. frugiperda* em relação ao fungo e ao flavonoide isoladamente. Entretanto, os tratamentos com rutina, mesmo quando o flavonoide foi utilizado sozinho causaram mais mortalidade que o fungo isoladamente. Houve situações em que as lagartas morreram, sem completar o processo de formação de pupa, ou morreram após formar a pupa.

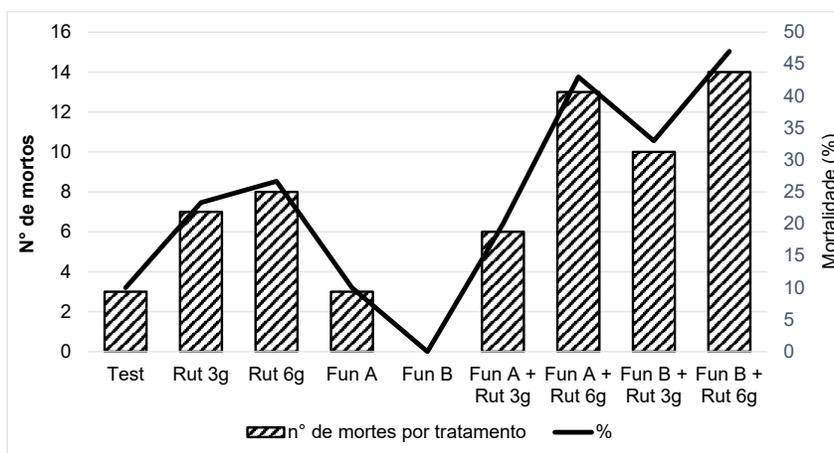


Figura 1. Número e porcentagem de mortalidade de *Spodoptera frugiperda* inoculadas com duas doses do fungo *Metarhizium rileyi* alimentadas, por quatro dias, na fase larval, em dieta artificial contendo duas concentrações de rutina.

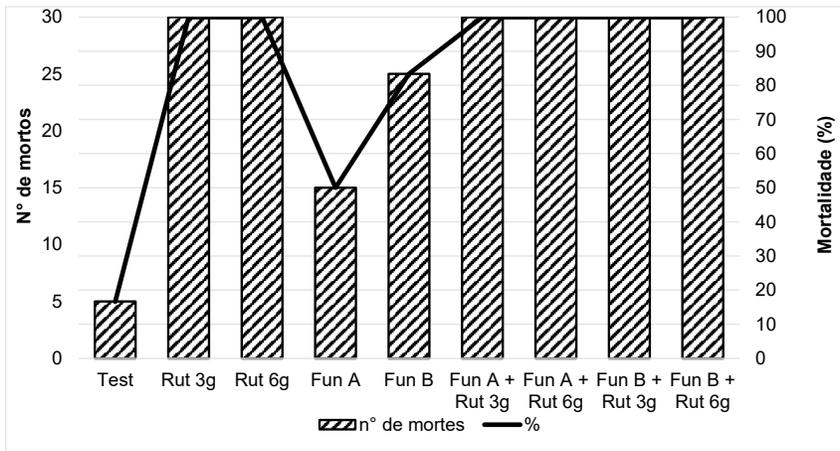


Figura 2. Número e percentagem de mortalidade de *Anticarsia gemmatalis* inoculadas com duas doses do fungo *Metarhizium rileyi*, alimentadas por quatro dias, na fase larval, em dieta artificial contendo duas concentrações de rutina.

As pupas da lagarta-do-cartucho-do milho não apresentaram importante variação de peso (Figura 3), salientando-se que as lagartas alimentadas com dieta com rutina não-infectadas (Rut 3g) e as infectadas com a menor dose do fungo (Fun A + Rut 3g) tenderam a ganhar mais massa.

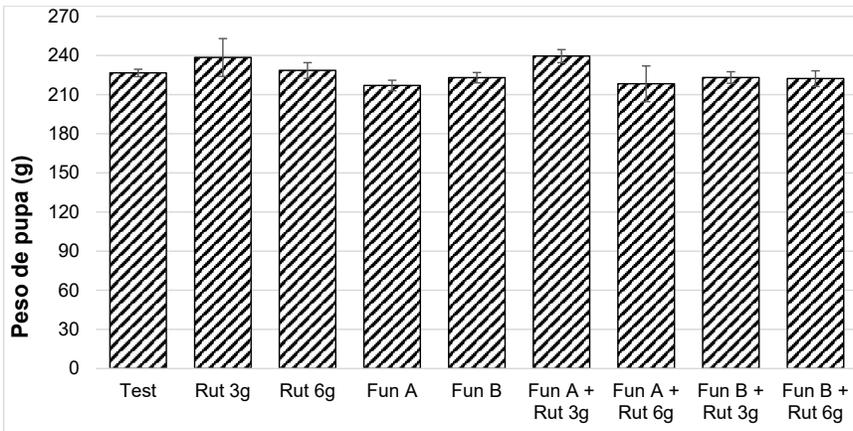


Figura 3. Peso (mg) de pupas de *Spodoptera frugiperda* cujas lagartas foram inoculadas com duas doses de *Metarhizium rileyi* e alimentadas com dieta artificial contendo duas concentrações de rutina, por cinco dias.

Todas as lagartas de *A. gemmatalis* morreram nos tratamentos com rutina (Figura 2). Os tratamentos com fungo, sem adição de rutina, por sua vez, provocaram 50% (menor dose) e 80% (maior dose) de mortalidade, representando um aumento de 10 e 16 vezes maior nas mortes dos insetos quando comparadas à testemunha (dieta sem rutina, lagartas não-inoculadas), onde apenas 5% dos insetos morreram.

Observou-se pequena variação no peso das pupas de *A. gemmatalis* sobreviventes. A Figura 4 mostra os peso das pupas da lagarta-da-soja que variaram de 235,60 mg (testemunha) a 227,33 mg (dose menor de *M. rileyi*), quando alimentadas de dieta sem rutina.

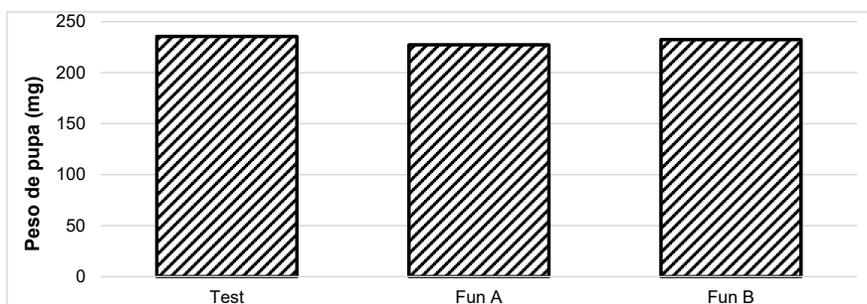


Figura 4. Peso (mg) de pupas de *Anticarsia gemmatalis* cujas lagartas foram inoculadas com duas doses de *Metarhizium rileyi* e alimentadas com dieta artificial contendo duas concentrações de rutina, por cinco dias.

Conclusão

Foi possível verificar a efetividade da rutina contra as lagartas de *A. gemmatalis*. Mesmo sendo mais resistente à rutina, *S. frugiperda* sofreu seus efeitos, porém de maneira mais discreta. Além disso, houve uma interação aditiva do fungo com o flavonoide, na mortalidade da lagarta-do-cartucho-do-milho. Os dados de peso de pupas aferidos em ambas espécies de herbívoros mostram pequena variação.

Referências

- BUENO, A. de F.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F.; BUENO, R. C. O. de F. Inimigos naturais das pragas da soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 493-629.
- CRUZ, N. A.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; LEVY, S. M.; FALLEIROS, A. M. F. Post-ingestive effects of flavonoids in the midgut epithelium of *Anticarsia gemmatalis* (Hübner 1818) (Lepidoptera: Erebidae) larvae. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 38, n. 2, p. 185-192, 2017.
- FRONZA, E.; SPECHT, A.; HEINZEN, H.; BARROS, N. D. de. *Metarhizium (Nomuraea) rileyi* as biological control agent. **Biocontrol Science and Technology**, v. 27, n. 11, p. 1243-1264, 2017.
- HOFFMANN-CAMPO, C. B.; HARBONE, J. B.; MCAFFERY, J. B. Pre-ingestive and post-ingestive effects of soybean extracts and rutin on *Trichoplusia ni* growth. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 98, p. 181-194, 2001.
- HOFFMANN-CAMPO, C. B.; RAMOS NETO, J. A.; OLIVEIRA, M. C. N. de; OLIVEIRA, L. J. Detrimental effect of rutin on *Anticarsia gemmatalis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, 1453-1459, 2006.
- MOSCARDI, F.; BUENO, A. de F.; SOSA-GOMEZ, D. R.; ROGGIA, S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; POMARI, A. F.; CORSO, I. C.; YANO, S. A. C. Artrópodes que atacam as folhas da soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 213-334.
- PIUBELLI, G. C.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; MIYAKUBO, S. H.; OLIVEIRA, M. C. N. de. Are chemical compounds important for soybean resistance to *Anticarsia gemmatalis*? **Journal of Chemical Ecology**, v. 31, n. 7, p. 1509-1525, 2005.
- SILVA, T. R. F. B.; ALMEIDA, A. C. de S.; MOURA, T. de L.; SILVA, A. R. da; FREITAS, S. de S.; JESUS, F. G. Effect of the flavonoid rutin on the biology of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 38, n. 2, p. 165-170, 2016.
- SOSA-GOMEZ, D. R.; CÔRREA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORSO, I.; OLIVEIRA, L. J.; MOSCARDI, F.; PANIZZI, A. R.; BUENO, A. de F.; HIROSE, E.; ROGGIA, S. **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**. 4. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2023. (Embrapa Soja. Documentos, 269).

Volume de calda e aplicação de pó secante na qualidade fisiológica de sementes de soja

ALMEIDA JUNIOR, L. A. de¹; FRANÇA NETO, J. de B.²; KRZYŻANOWSKI, F. C.²; HENNING, F. A.²

Unifil, Centro Universitário Filadélfia, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR; ²Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

Na cultura da soja, a obtenção de uma lavoura com população adequada de plantas depende da correta utilização de diversas práticas. O bom preparo do solo, a semeadura na época adequada, a utilização correta de herbicidas e a boa regulação da semeadura são práticas essenciais. O sucesso dessas práticas está condicionado à utilização de sementes de boa qualidade. Todavia, frequentemente, a semeadura não é realizada em condições ideais, o que resulta em sérios problemas de emergência, havendo muitas vezes, a necessidade de ressemeadura (Krzyzanowski et al., 2018).

O tratamento industrial de sementes (TIS) tem sido adotado por grande parte das empresas produtoras de sementes, devido às vantagens em relação ao tratamento convencional. Esse tipo de tratamento associa o uso de equipamentos e técnicas inovadoras, além de possibilitar a utilização de novas formulações, contendo fungicidas, inseticidas, nematicidas, polímeros, micronutrientes, bioestimulantes e inoculantes no mesmo tratamento. Além destes, recentemente tem sido associado ao tratamento industrial a utilização de pó secante, com a finalidade de propiciar uma secagem rápida e eficiente das sementes, pós-tratamento.

Essa variedade de produtos utilizados no tratamento industrial resulta em volumes de calda superior aos 600 mL 100 kg⁻¹ de sementes. Esse valor é indicado como volume máximo tolerado de solução aquosa, para a não ocorrência de danos, como o rompimento do tegumento da semente de soja, o que pode prejudicar a qualidade das sementes (Henning et al., 2020).

No entanto, os produtos utilizados no tratamento industrial de sementes possuem formulações líquidas com potencial osmótico diferente das utilizadas anteriormente, no tratamento convencional. Sendo assim, estudos exploratórios indicam a possibilidade de utilização de maiores volumes de calda,

sem que ocorram efeitos negativos ao desempenho fisiológico das sementes (Krzyzanowski et al., 2007), associados ou não a utilização de pó secante.

Diante do exposto, torna-se essencial o estudo da interação entre volumes de calda e pó secante, e seu efeito na qualidade das sementes. Com isso, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes volumes de calda, com e sem pó secante, via tratamento industrial de sementes sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja.

Material e Métodos

O ensaio foi desenvolvido no Núcleo Tecnológico de Sementes e Grãos, da Embrapa Soja, Londrina, PR.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x2, com quatro repetições. Os fatores foram constituídos por cinco volumes de calda (0, 600, 1200, 1800 e 2400 mL 100 kg⁻¹) e com e sem aplicação de pó secante.

Para a obtenção dos diferentes volumes de calda, determinou-se inicialmente o volume máximo a ser utilizado e a partir desse, foram obtidos os demais volumes através da redução nas doses de bioestimulante e pela retirada dos produtos que não apresentavam efeito na qualidade fisiológica das sementes em laboratório, como inoculantes, micronutrientes e polímeros de formulação líquida (Tabela 1). Os produtos utilizados foram: F: fungicida (carbendazin + thiram); I: inseticida (imidacloprido + tiodicarbe); N: nematocida (abamectina); M: micronutriente (Co, Mo e Z); P: polímero (peridiam); Bioestimulante (cineína + ácido giberélico, como GA3 + ácido 4-indol-3-ilbutírico) e I: Inoculante (*Bradyrhizobium japonicum*).

Tabela 1. Produtos utilizados no tratamento industrial de sementes de soja e suas respectivas doses, para obtenção de diferentes volumes de calda (mL 100 kg⁻¹).

Volumes ¹	F	I	N	M	P	B	IN	Total
1 (testemunha)	-	-	-	-	-	-	-	0
2	200	300	100	-	-	-	-	600
3	200	300	100	400	200	-	-	1200
4	200	300	100	400	200	600	-	1800
5	200	300	100	400	200	800	400	2400

¹Tipo de produto: F: fungicida (carbendazin + thiram); I: inseticida (imidacloprido + tiodicarbe); N: nematocida (abamectina); M: micronutriente (Co, Mo e Z); P: polímero (peridiam); Bioestimulante (cinetina + ácido giberélico, como GA3 + ácido 4-indol-3-ilbutírico) e IN: Inoculante (*Bradyrhizobium japonicum*).

As cultivares utilizadas foram a BRS 1061 IPRO e BRS 284, ambas analisadas separadamente. O tratamento das sementes foi realizado com auxílio de uma máquina modelo BMC (Batch Modular Coater), a qual simula o tratamento industrial (TIS).

Para a determinação da qualidade fisiológica das sementes foram realizadas as seguintes avaliações: Primeira Contagem do teste de germinação e germinação final: realizado com quatro subamostras de 50 sementes por repetição, conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Emergência de plântulas em areia: realizado com duas subamostras de 100 sementes por repetição. A semeadura foi efetuada em bandejas plásticas contendo areia em condições de casa de vegetação. A avaliação foi realizada ao décimo segundo dia e, os resultados expressos em porcentagem.

Foi realizada análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A análise de regressão foi efetuada em função dos volumes de calda.

Resultado e Discussão

Para a primeira contagem do teste de germinação houve interação entre os fatores estudados para ambas cultivares avaliadas. Foi possível observar para a cultivar BRS 1061 IPRO nos volumes 600 e 1200 mL 100 kg⁻¹ (Figura 1A), e para a cultivar BRS 284 nos volumes de 1200 e 2400 mL 100 kg⁻¹ (Figura 1D), que a aplicação de pó secante reduziu o número de plântulas

normais do teste, conseqüentemente prejudicando o vigor das sementes. Além disso, conforme aumentou o volume de calda do tratamento, reduziu o resultado do teste e conseqüentemente o vigor.

Em relação ao resultado do teste de germinação (contagem final), a interação entre volumes de calda e pó secante para a cultivar BRS 1061 IPRO, demonstrou que os volumes 600, 1800 e 2400 mL 100 kg⁻¹ associados com pó secante, prejudicaram a germinação das sementes (Figura 1B). Para efeito de volumes, em ambas cultivares houve resposta linear decrescente na germinação conforme aumentou os volumes de calda (Figura 1B e 1E). No entanto, para a cultivar BRS 1061 IPRO, foi possível constatar uma redução mais acentuada para as sementes tratadas com pó secante, onde este decréscimo na germinação inviabilizaria a comercialização (abaixo de 80% de germinação) deste lote em todos os volumes testados (inclusive a testemunha). Já para as sementes sem aplicação de pó secante, os lotes se tornariam inviáveis para comercialização, somente a partir dos 1200 mL 100 kg⁻¹. Este parâmetro de comercialização para sementes de soja é definido pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (Brasil, 2013).

Na emergência de plântulas em areia foi possível observar que a aplicação de pó secante prejudicou a emergência em todas as sementes tratadas com produtos químicos (Figura 1C e 1F). Sendo que, para a cultivar BRS 1061 IPRO houve decréscimo linear na germinação conforme aumentou os volumes de calda. Para a cultivar BRS 284 a redução foi linear para os volumes de calda, com e sem aplicação de pó secante, porém com taxas mais acentuadas para as sementes tratadas com pó secante.

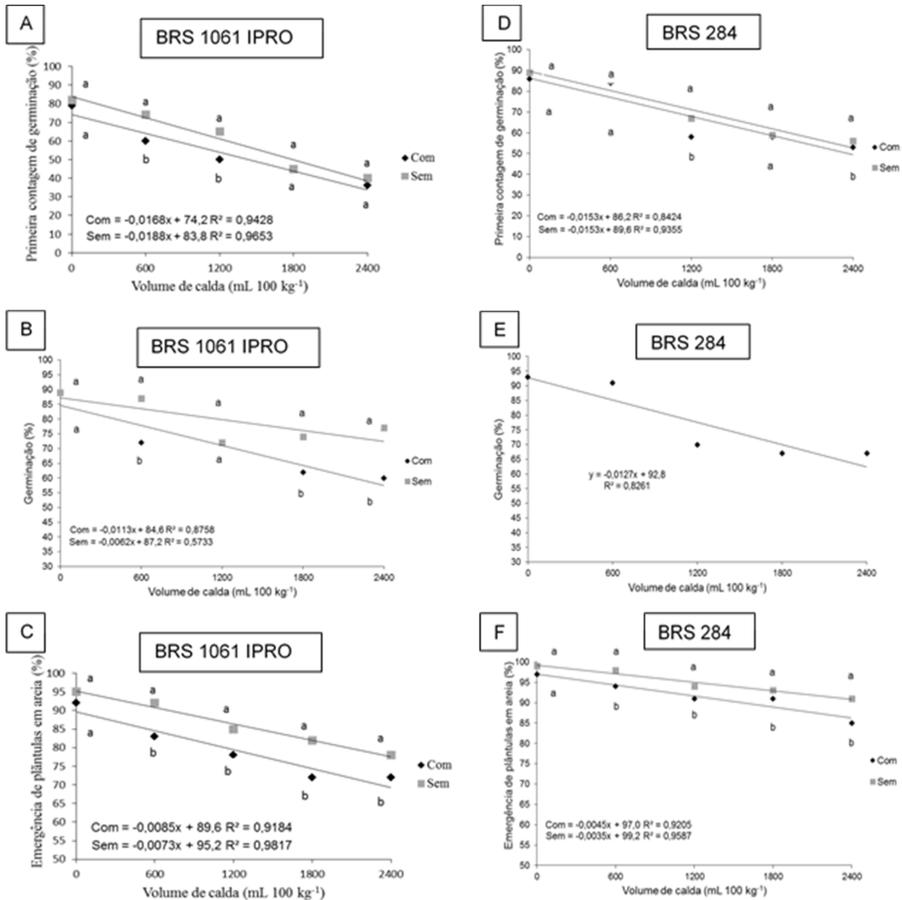


Figura 1. Qualidade fisiológica de sementes de soja, cultivares BRS 1061 IPRO e BRS 284, tratadas industrialmente, com diferentes volumes de calda, com e sem aplicação de pó secante.

Conclusão

O aumento do volume de calda no tratamento industrial reduz a qualidade fisiológica das sementes, com taxas mais acentuadas com aplicação de pó secante.

Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013. Anexo XXIII - Padrões para produção e comercialização de sementes de soja. **Diário Oficial da União**, 18 set. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395 p.

HENNING, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, F. A.; LORINI, I. Tecnologia de sementes. In: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. (ed.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. p. 293-316. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17).

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. **A alta qualidade da semente de soja**: fator importante para a produção da cultura. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 24 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 136).

KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; FRANÇA-NETO, J. B.; LOPES, I. O. N.; ZORITA, M. D. Volume de calda com diferentes produtos para o tratamento de semente de soja e seu efeito sobre a qualidade fisiológica. In: REUNIÃO DA REDE DE LABORATÓRIOS PARA RECOMENDAÇÃO, PADRONIZAÇÃO E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA DE INOCULANTES MICROBIANOS DE INTERESSE AGRÍCOLA (RELARE), 13., 2006, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2007. p. 48. (Embrapa Soja. Documentos, 290).

Impacto de culturas de entressafra e adubação nitrogenada sobre a produtividade e teores de proteína e óleo em grãos de soja

FERREIRA, H. E.¹; DEBIASI, H.²; FRANCHINI, J. C.²; OLIVEIRA, M. A. de²; COELHO, A. E.³; BALBINOT JUNIOR, A. A.²

¹UNOPAR, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR; ²Pesquisador, Embrapa Soja, ³UDESC, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal.

Introdução

A cultura da soja é a principal fonte de proteína para a humanidade e importante produtora de óleo, sendo fundamental para a segurança alimentar da população mundial. Atualmente, o Brasil é o maior produtor e exportador mundial de soja, sendo cultivados, aproximadamente, 43,5 milhões de hectares na safra 2022/23, atingindo produção de 151 milhões de toneladas (Conab, 2023). A maioria da soja no país é cultivada em Sistema Plantio Direto (SPD), o qual propicia várias vantagens, como redução da erosão e aumento da produtividade, da estabilidade produtiva e da rentabilidade (Garbelini et al., 2022).

A produtividade da soja é correlacionada positivamente com a quantidade de nitrogênio (N) acumulado na biomassa. No Brasil, em função da elevada eficiência da fixação biológica de N (FBN), em geral a cultura da soja não apresenta ganhos de produtividade com a aplicação de N mineral na semeadura ou durante o ciclo, desde que a inoculação seja realizada de acordo com as recomendações técnicas. No entanto, há necessidade de aprofundamento no conhecimento científico sobre as respostas da cultura da soja ao N mineral nas seguintes condições: 1) semeadura da soja em SPD sobre alta quantidade de palha de espécies gramíneas cultivadas na entressafra, em decorrência da imobilização temporária de N para decomposição da palhada, reduzindo a disponibilidade de N às plantas de soja no início do ciclo de desenvolvimento (Cheshire et al., 2001); 2) uso de cultivares e práticas de manejo focadas em produtividades superiores a 4.500 kg ha⁻¹ (Menza et al., 2017); e 3) cultivo da soja em regiões de clima tropical, onde altas temperaturas, associadas a eventual déficit hídrico, podem reduzir a eficiência da FBN (Santachiara et al., 2019).

A cultura mais utilizada na entressafra da soja no Brasil é o milho, em sistema de sucessão de culturas. Nesse sistema, o milho frequentemente sofre déficit hídrico, razão pela qual a resposta da cultura ao N é baixa, estimulando muitos produtores a não aplicar N em cobertura. O trigo é outra cultura que compõe modelos de produção com a soja, principalmente nos estados do Sul do Brasil, sendo a principal alternativa para cultivo de inverno nas regiões em que o milho segunda safra não é indicado. No entanto, pode substituir o milho segunda safra em regiões onde as duas culturas podem ser utilizadas. Outras opções de uso do solo na entressafra da soja são as culturas de cobertura e as pastagens. A braquiária *ruziziensis* é uma das principais espécies para cobertura do solo, podendo ser utilizada como forrageira (Franchini et al., 2015). Adicionalmente, em algumas regiões do país, o solo é mantido em pousio na entressafra da soja, principalmente em função da carência de chuvas (Yokoyama et al., 2022).

O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de N na semeadura da soja, cultivada após diferentes culturas de entressafra e pousio, sobre a produtividade e teores de proteína e de óleo nos grãos.

Material e Métodos

O experimento foi implantado em março de 2016 em Londrina, PR (23°11'37" S, 51°11'03" W e 630 m de altitude). Esse trabalho apresenta resultados do sétimo ano de condução, sendo os dados de chuva e temperatura apresentados na Figura 1. No momento da implantação do experimento, o solo apresentava as seguintes características na camada de 0-20 cm: C (Walkley Black) 17,8 g dm⁻³; pH CaCl₂ 5,1; K (Mehlich 1) 0,85 cmolc dm⁻³; P (Mehlich 1) 36,9 mg dm⁻³; Ca 4,41 cmolc dm⁻³; Mg 1,52 cmolc dm⁻³, argila 710 g kg⁻¹; silte 82 g kg⁻¹; e areia 208 g kg⁻¹.

O delineamento experimental foi de blocos completos casualizados, com cinco repetições, em esquema de parcelas subdivididas. Nas parcelas (5,0 × 8,0 m) foram alocados cinco usos do solo na entressafra da soja: 1) milho segunda safra com 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura em V6 (ureia); 2) milho segunda safra sem adubação nitrogenada de cobertura; 3) trigo sem adubação nitrogenada de cobertura; 4) cobertura do solo com braquiária *ruziziensis*; e 5) pousio mantido sem plantas espontâneas. Nas subparcelas (2,5 × 8,0 m) foram alocados dois níveis de adubação nitrogenada mineral na semeadura

da soja: sem N e com 30 kg ha⁻¹ de N na forma de nitrato de amônio. Os tratamentos foram repetidos nas mesmas unidades experimentais todos os anos, a fim de verificar os efeitos acumulados.

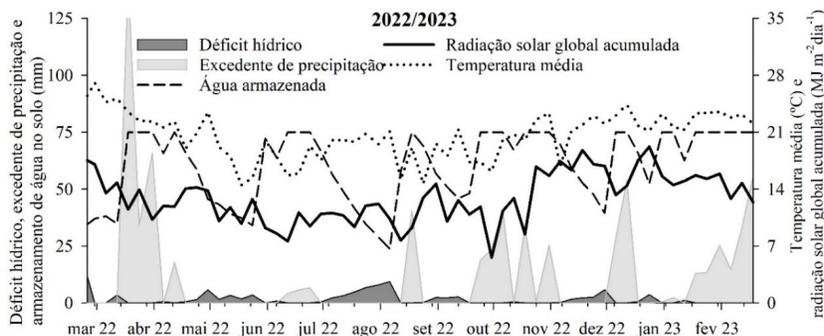


Figura 1. Balanço hídrico, radiação solar global acumulada e temperatura média do ar semanal durante o sétimo ano de condução do experimento. Embrapa Soja, Londrina, PR, safra 2022/2023.

Durante as sete safras, o milho e a braquiária foram semeados em meados de março e o trigo na segunda quinzena de abril. O milho foi implantado no espaçamento de 0,90 m e 60 mil plantas ha⁻¹ e a braquiária e o trigo no espaçamento de 0,17 m, com 50 e 60 sementes m⁻², respectivamente. A adubação de base no milho e no trigo foi realizada com 300 kg ha⁻¹ do adubo 08-28-16 (N-P₂O₅-K₂O). Os tratamentos com braquiária e pousio não receberam adubo.

Na safra 2022/2023, a cultivar de soja BRS 1061IPRO foi semeada em meados de outubro com espaçamento de 0,45 m entre linhas e 320 mil sementes ha⁻¹. As sementes foram tratadas com piraclostrobina + tiofanato metílico + fipronil (1 mL kg⁻¹) e inoculante líquido contendo *Bradyrhizobium elkanii*, estirpes SEMIA 587 e SEMIA 5019 (2 mL kg⁻¹). A adubação de base foi realizada com 350 kg ha⁻¹ de 0-20-20 (N-P₂O₅-K₂O).

A quantidade de palha residual das culturas de entressafra foi avaliada 20 dias antes da semeadura da soja, por meio da coleta da palha em 1 m² por parcela, a qual foi seca a 65 °C até atingir peso constante e então pesada, sendo os dados expressos em kg ha⁻¹. A produtividade de grãos de soja foi estimada com a colheita mecanizada das plantas na área útil das parcelas (8.1 m²), sendo os dados expressos em kg ha⁻¹, corrigidos para 13% de umi-

dade. Os teores de proteína e óleo nos grãos de soja foram determinados por meio de espectroscopia de infravermelho (Heil, 2010). Os dados foram submetidos aos testes de Shapiro–Wilk e Bartlett para verificar a normalidade dos resíduos e a homocedasticidade ($p \leq 0,05$). Após observar que os dados atendiam às pressuposições da análise de variância, foi realizada ANOVA com teste F ($p \leq 0,05$). As médias foram comparadas pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). A análise foi realizada com o programa R.

Resultados e Discussão

Na safra 2022/2023 não houve déficit hídrico expressivo durante o ciclo de desenvolvimento da soja (Figura 1). O cultivo de braquiária *ruzizensis* na entressafra da soja proporcionou maior produção de palha em relação ao milho e ao trigo (Figura 2). A quantidade de palha produzida pela braquiária foi superior a 8 Mg ha^{-1} , proporcionando adequada condição de proteção do solo para a semeadura da soja em SPD. A cobertura do solo é importante para manter altas taxas de infiltração estável de água (Amami et al., 2021) e reduzir a erosão hídrica (Merten et al., 2015), a evaporação e a infestação de plantas daninhas (Trezzi et al., 2016). Além da elevada produção de biomassa, a palha da braquiária possui alta relação C/N e Lignina/N, proporcionando lenta decomposição e proteção do solo até o fechamento do dossel da soja semeada em sucessão. Nesse sentido, os resultados permitem reafirmar a adequação da braquiária para cobertura do solo na entressafra da soja nas condições edafoclimáticas avaliadas.

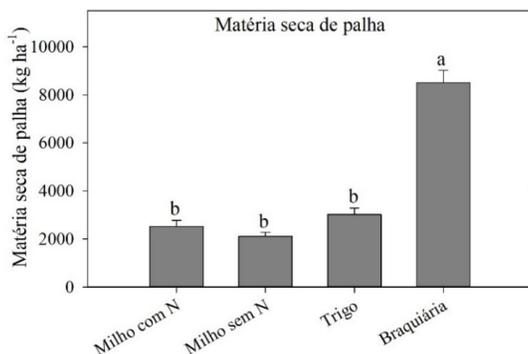


Figura 2. Quantidade de palha residual de culturas de entressafra, 20 dias antes da semeadura da soja, no sétimo ano de condução do experimento. Médias comparadas pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). Embrapa Soja, Londrina, PR, safra 2022/2023.

Não houve interação significativa entre as culturas de entressafra e a adubação com 30 kg ha⁻¹ de N aplicados na soja para a produtividade de grãos. A adubação nitrogenada na soja não alterou a produtividade, independentemente das culturas de entressafra (Figura 3). Ou seja, mesmo em altas quantidades de palha de gramíneas, com alta relação C/N, a adubação com N mineral na soja não é necessária, indicando que o N oriundo da FBN, aliado ao N do solo, é suficiente para a obtenção de produtividades superiores a 4.300 kg ha⁻¹, desde que a inoculação seja realizada de acordo com as recomendações técnicas. O tratamento com braquiária proporcionou produtividade de soja em sucessão superior ao pousio, porém sem diferir significativamente do trigo e do milho com ou sem N em cobertura (Figura 3). Assim, a braquiária demonstrou ser uma ótima opção de cobertura do solo na entressafra da soja, confirmando outros trabalhos com a espécie (Sapucay et al., 2020). Balbinot Junior et al. (2017) comprovaram os efeitos positivos das raízes e da palha da braquiária cultivada como cobertura sobre a soja em sucessão, em SPD, sendo os efeitos positivos das raízes mais relevantes do que os da palha. Constatou-se que a braquiária promoveu a agregação de solo escarificado e, por outro lado, aumentou os bioporos em solos compactados, por isso a soja cultivada em sucessão à braquiária apresentou maior biomassa e comprimento radicular em solo compactado, comparativamente à sucessão ao trigo, milho e aveia-preta (Bertollo et al., 2021).

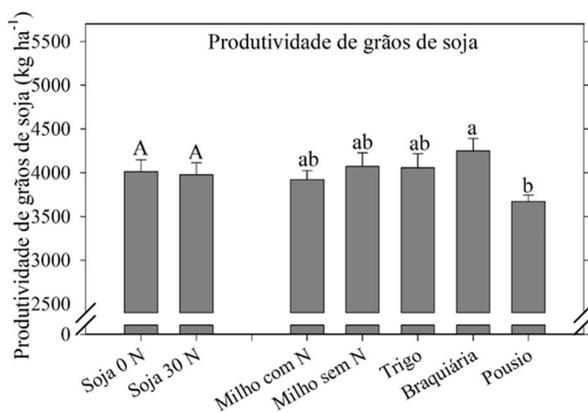


Figura 3. Produtividade de grãos de soja em função de culturas de entressafra e da adubação nitrogenada mineral na sementeira da soja com 30 kg ha⁻¹ de N. Letras maiúsculas comparam a adubação com N na soja (média das culturas de entressafra) e as letras minúsculas comparam as culturas de entressafra (média de adubação com N na soja), pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). Embrapa Soja, Londrina, PR, safra 2022/2023.

Não houve interação significativa entre as culturas de entressafra e a adubação com N na soja para os teores de proteína e óleo nos grãos de soja. Observou-se que o teor de proteína foi maior na soja adubada com N em relação à ausência de adubação (Figura 4). Enfatiza-se, no entanto, que nas seis safras antecedentes não foi constatado efeito do N aplicado na soja sobre os teores de proteína nos grãos de soja. A fertilização com N na soja não influenciou os teores de óleo nos grãos. Da mesma forma, as culturas de entressafra não alteraram significativamente os teores de proteína e óleo nos grãos de soja.

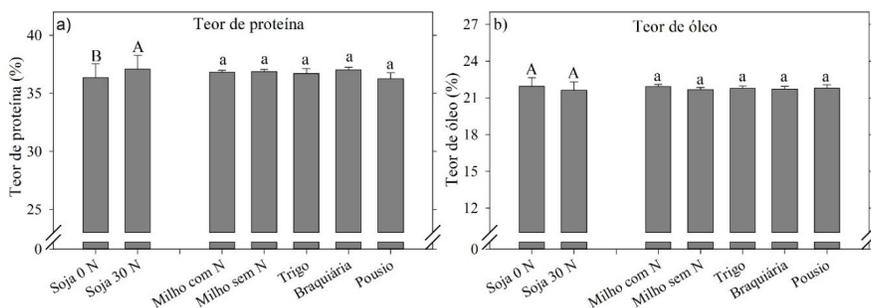


Figura 4. Teores de proteína e óleo nos grãos de soja em função de culturas de entressafra e da adubação nitrogenada mineral na semeadura da soja com 30 kg ha⁻¹ de N. Letras maiúsculas comparam a adubação com N na soja (média das culturas de entressafra) e as letras minúsculas comparam as culturas de entressafra (média de adubação com N na soja), pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). Embrapa Soja, Londrina, PR, safra 2022/2023.

Conclusão

A produtividade da soja e os teores de proteína e óleo nos grãos não foram influenciados pela interação entre as culturas de entressafra e a adubação com 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura da soja. Independentemente das culturas de entressafra, a adubação nitrogenada na soja não alterou a produtividade. O cultivo de braquiária *ruziensis* como cobertura na entressafra proporcionou maior produtividade à soja. As culturas de entressafra não influenciaram os teores de proteína e óleo nos grãos de soja no sétimo ano após o início do experimento.

Referências

- BALBINOT JUNIOR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; YOKOYAMA, A. H. Contribution of roots and shoots of *Brachiaria* species to soybean performance in succession. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, p. 592-598, 2017.
- BERTOLLO, A. M.; MORAES, M. T. de; FRANCHINI, J. C.; SOLTANGHEISI A.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; LEVIEN, R.; DEBIASI, H. Precrops alleviate soil physical limitations for soybean root growth in an Oxisol from southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 206, e104820, 2021.
- CHESHIRE, M. V.; BEDROCK, C. N.; WILLIAMS, B. L.; CHAPMAN, S. J.; SOLNTSEVA, I.; THOMSEN, I. The immobilization of nitrogen by straw decomposing in soil. **European Journal of Soil Science**, v. 50, p. 329-341, 2001.
- CONAB. **Série histórica das safras**: soja. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 5 abr. 2023.
- FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Desempenho da soja em consequência de manejo de pastagem, época de dessecação e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 1131-1138, 2015.
- GARBELINI, L. G.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; COELHO, A. E.; TELLES, T. S. Diversified crop rotations increase the yield and economic efficiency of grain production systems. **European Journal of Agronomy**, v. 137, 126528. 2022.
- HEIL, C. **Rapid, multi-component analysis of soybeans by FT-NIR spectroscopy**. Madison: Thermo Fisher Scientific, 2010.
- MENZA, N. C.; MONZON, J. P.; SPECHT, J.; GRASSINI, P. Is soybean yield limited by nitrogen supply? **Field Crops Research**, v. 213, p. 204-212, 2017.
- MERTEN, G. H.; ARAÚJO, A. G.; BISCAIA, R. C. M.; BARBOSA, G. M. C.; CONTE, O. No-till surface runoff and soil losses in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 152, p. 85-93, 2015.
- SANTACHIARA, G.; SALVAGIOTTI, F.; ROTUNDO, J. L. Nutritional and environmental effects on biological nitrogen fixation in soybean: A meta-analysis. **Field Crops Research**, v. 240, p. 106-115, 2019.
- SAPUCAY, M. J. L. C.; COELHO, A. E.; BRATTI, F.; LOCATELLI, J. L.; SANGOI, L.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; ZUCARELI, C. Nitrogen rates on the agronomic performance of second-crop corn single and intercropped with ruzigrass or showy rattlebox. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, e65525, 2020.
- TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; BITTENCOURT, H. V. H.; SOUZA FILHO, A. P. S. Allelopathy: driving mechanisms governing its activity in agriculture. **Journal of Plant Interactions**, v. 1, p. 1-20, 2016.
- YOKOYAMA, A. H.; ZUCARELI, C.; COELHO, A. E.; NOGUEIRA, M. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Precrops and N-fertilizer impacts on soybean performance in tropical regions of Brazil. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 44, p. 1-12. 2022.

Exopolímeros bacterianos como protetores celulares em inoculantes para soja

BARBOSA, R. L.¹; HELENE, L. C. F.²; RONDINA, A. B. L.³; GUIMARÃES, G. S.²; HUNGRIA, M.⁴; NOGUEIRA, M. A.⁴

¹UEL, Departamento de Microbiologia, Londrina, PR; ²UEL, Departamento de Bioquímica e Biotecnologia; ³UEL, Departamento de Biologia Animal e Vegetal; ⁴Pesquisador(a), Embrapa Soja.

Introdução

A produtividade da soja no Brasil está diretamente relacionada à inoculação com *Bradyrhizobium* spp., que disponibiliza a maior parte do nitrogênio (N) demandado pela cultura por meio da fixação biológica de nitrogênio (FBN) e dispensa o uso de N fertilizante. No entanto, o tratamento de sementes (TS) com agrotóxicos pode reduzir a sobrevivência das bactérias inoculadas, diminuindo a eficiência da FBN e a produtividade (Hungria; Nogueira 2020). A adição de protetores celulares pode reduzir os efeitos nocivos dos agrotóxicos aos inoculantes (Machineski et al., 2018).

Substâncias poliméricas extracelulares (EPS ou exopolímeros) naturalmente sintetizadas por microrganismos como *Agrobacterium* sp. e *Rhizobium* sp. para proteção contra estresses ambientais já têm amplo uso industrial (Freitas et al., 2017) e podem ser usadas como aditivos em formulações de inoculantes (Farias et al., 2022). Contudo, estudos quanto ao uso como protetores celulares em inoculantes líquidos para aumentar a compatibilidade com agrotóxicos ainda são escassos. Este estudo avaliou o efeito protetor de EPS produzidos por *Agrobacterium* sp. e *Rizhobium* sp. em estirpes de *Bradyrhizobium* spp. inoculadas em sementes de soja tratadas com Standak® Top.

Material e Métodos

Seleção de isolados produtores de EPS

Avaliações fenotípicas (Castellane et al., 2014) e quantificação da produção de EPS pelo método Fenol-Sulfúrico (Dubois et al., 1956) em diferentes tempos de crescimento foram realizadas em 15 isolados dos gêneros

Rhizobium sp., *Burkholderia* sp., *Mesorhizobium* sp., *Gluconacetobacter* sp. e *Agrobacterium* sp. As estirpes CNPSO 1627 de *Rhizobium* sp. e CNPSO 4041 de *Agrobacterium* sp. foram consideradas promissoras para futuros testes pela abundante produção de EPS. Para eliminar as células dos isolados produtores e avaliar apenas o efeito dos EPS produzidos em parte dos tratamentos, o cultivo foi autoclavado. Esse processo não alterou a concentração de EPS, indicando termoestabilidade.

Compatibilidade entre os isolados produtores de EPS e estirpes comerciais de *Bradyrhizobium* spp.

A compatibilidade das estirpes de *Bradyrhizobium* spp. (SEMIA 5079, SEMIA 5080, SEMIA 5019 e SEMIA 597) foi testada com os isolados produtores de EPS com base no método cross-streak (Williston et al., 1947). As colônias apresentaram crescimento normal na presença dos EPS e dos isolados produtores, indicando compatibilidade. As estirpes SEMIA 5080 e SEMIA 5079 foram escolhidas para as análises seguintes, por serem as mais empregadas comercialmente em inoculantes para soja.

Efeito protetor dos EPS sobre *Bradyrhizobium* spp. *in vitro*

As estirpes SEMIA 5080 e SEMIA 5079 foram combinadas com cultivos in natura ou autoclavados de cada estirpe produtora de EPS. As combinações foram inoculadas em sementes de soja tratadas com Standak®Top (Piraclostrobina, 25 g L⁻¹; Tiofanato Metílico, 225 g L⁻¹; Fipronil, 250 g L⁻¹, na dose de 2 mL kg⁻¹ de sementes), mantendo-se controles sem agrotóxico e sem EPS, e com agrotóxico e sem EPS, totalizando seis tratamentos para cada estirpe de *Bradyrhizobium* spp. (Tabela 1). A recuperação de células de *Bradyrhizobium* spp. foi realizada em diferentes tempos de armazenamento das sementes tratadas com base na Instrução Normativa n° 30 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2010) em meio acrescido de ciclohexamida e tetraciclina. Os resultados foram expressos em log UFC semente-1 e plotados graficamente.

Tabela 1. Tratamentos aplicados no ensaio in vitro para avaliação do efeito protetor dos EPS produzidos pelos isolados CNPSO 1627 (Rhi) e CNPSO 4041 (Agro), in natura (nat) ou autoclavados (aut), sobre a sobrevivência de *Bradyrhizobium* spp., SEMIA 5079 e SEMIA 5080, inoculadas em sementes de soja tratadas com Standak® Top.

Identificação do tratamento ^a	Tratamento de sementes (TS) (Standak® Top 2 mL kg ⁻¹)	EPS (2 mL kg ⁻¹)
-TS	Ausente	Ausente
+TS	Presente	Ausente
+TS EPS Rhi nat	Presente	CNPSO 1627 In natura
+TS EPS Rhi aut	Presente	CNPSO 1627 autoclavado
+TS EPS Agro nat	Presente	CNPSO 4041 In natura
+TS EPS Agro aut	Presente	CNPSO 4041 autoclavado

^a -TS, sementes sem tratamento químico e sem EPS; +TS, sementes com tratamento químico e sem EPS; +TS EPS *Rhi* nat, sementes com tratamento químico e com EPS *in natura* de *Rhizobium* sp.; +TS EPS *Rhi* aut, sementes com tratamento químico e com EPS autoclavado de *Rhizobium* sp.; +TS EPS *Agro* nat, sementes tratadas com químico e com EPS *in natura* de *Agrobacterium* sp.; +TS EPS *Agro* aut, sementes tratadas com químico e com EPS autoclavado de *Agrobacterium* sp.

Efeito protetor dos EPS sobre *Bradyrhizobium* spp. em casa de vegetação

Sementes de soja cv. BRS 543 tratadas com Standak®Top (2 mL kg⁻¹) foram inoculadas separadamente com cada estirpe, SEMIA 5080 ou SEMIA 5079, combinadas com cultivos in natura ou autoclavados das estirpes produtoras de EPS como no ensaio in vitro, mantendo-se dois controles: sementes desinfetadas com álcool etílico (70%) e hipoclorito de sódio (0,4-0,6%) e não inoculadas (controle absoluto); e sementes com agrotóxico não inoculadas, totalizando 14 tratamentos, em seis repetições. A semeadura foi realizada em vasos de Leonard contendo substrato estéril (areia: carvão moído, 2:1 v/v) e solução nutritiva estéril sem nitrogênio (Broughton; Dilworth, 1971). O experimento foi conduzido até 30 dias após a emergência das plântulas (DAE) e avaliado quanto à massa da parte aérea, raízes e nódulos secos, número de nódulos e teor de N na parte aérea (Willis et al., 1996). O acúmulo de N na parte aérea foi calculado com base na concentração na parte aérea seca. Os dados foram submetidos à ANOVA e teste de Duncan a $p \leq 0,05$ pelo software STATISTICA v.12.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA).

Resultados e Discussão

Em condição de laboratório, para ambas as estirpes (SEMIA 5080 e SEMIA 5079), houve redução na recuperação de células com o aumento do tempo de armazenamento. Contudo, o EPS in natura ou autoclavado da estirpe CNPSo 4041 manteve, em níveis aceitáveis, a sobrevivência da estirpe SEMIA 5080 na presença do agrotóxico até 24 h de armazenamento. Para a estirpe SEMIA 5079 os EPS da estirpe CNPSo 4041 e o EPS autoclavado da estirpe CNPSo 1627 promoveram maior sobrevivência até 48 h. O teste evidenciou a maior sensibilidade ao armazenamento da estirpe SEMIA 5080 em relação à SEMIA 5079, independente dos tratamentos de sementes (Figura 1). Farias et al. (2022) observaram maior viabilidade celular de *Bradyrhizobium* spp. (estirpes SEMIA 5019, SEMIA 5079, SEMIA 6461 e SEMIA 6463) em inoculantes líquidos formulados com EPS de *Paraburkholderia* sp. (UFLA 04-269) e *R. tropici* (CIAT 899) por até 90 dias de armazenamento, Esses resultados são pioneiros quanto ao uso dos EPS em inoculantes e seu potencial como protetores em condições estressantes às células de rizóbios expostas a produtos químicos, de modo a aumentar a viabilidade celular das bactérias inoculadas.

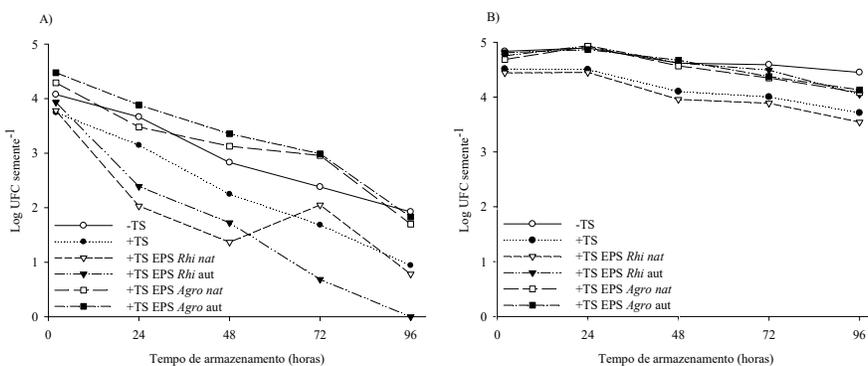


Figura 1. Número de células (log UFC semente⁻¹) das estirpes SEMIA 5080 (A) e SEMIA 5079 (B) recuperadas de sementes de soja tratadas com agrotóxico na presença de EPS, *in natura* ou autoclavados, dos isolados CNPSo 1627 e CNPSo 4041 em diferentes tempos de armazenamento das sementes.

-TS, sementes sem agrotóxico; +TS, sementes com agrotóxico; +TS EPS *Rhi nat*, sementes com agrotóxico e adição de EPS *in natura* de *Rhizobium* sp. (CNPSo 1627); +TS EPS *Rhi aut*, sementes com agrotóxico e adição de EPS autoclavado de *Rhizobium* sp. (CNPSo 1627); +TS EPS *Agro nat*, sementes com agrotóxico e adição de EPS *in natura* de *Agrobacterium* sp. (CNPSo 4041); +TS EPS *Agro aut*, sementes com agrotóxico e adição de EPS autoclavado de *Agrobacterium* sp. (CNPSo 4041).

Em casa de vegetação, nas plantas dos tratamentos inoculados com a SEMIA 5080 (Tabela 2), não houve efeito sobre a nodulação ou massa de raízes secas, independente da presença do químico no TS e da adição dos EPS. Diferentemente desses resultados, em um estudo da sobrevivência de *Bradyrhizobium* spp. (SEMIA 5079 e SEMIA 5080) em inoculante turfoso inoculado em sementes de soja tratadas com diferentes fungicidas, Costa et al. (2013) observaram diminuição da nodulação, que variou entre os tratamentos com diferentes produtos formulados com os mesmos princípios ativos, indicando que a toxicidade do agrotóxico pode também estar relacionada à presença de outros aditivos nas formulações.

Todos os tratamentos inoculados com a estirpe SEMIA 5080, independente da presença do agrotóxico e da adição de EPS, apresentaram níveis superiores de massa da parte aérea seca, quando comparados ao tratamento sem inoculação, reforçando a importância da utilização de estirpes fixadoras de nitrogênio. A inoculação da estirpe SEMIA 5080 com EPS in natura da estirpe CNPSo 1627 se destacou quanto ao teor de N nas plantas, contudo, não houve diferença significativa para o N acumulado na parte aérea das plantas inoculadas, independente dos EPS.

Nas plantas inoculadas com a estirpe SEMIA 5079 (Tabela 2), o maior número de nódulos foi observado no tratamento inoculado e sem químico no TS, indicando que a presença do agrotóxico, mesmo com a adição dos EPS como protetores celulares diminuiu a nodulação. Porém, não houve diferenças significativas entre os tratamentos quanto à massa de nódulos. A adição dos EPS autoclavado da estirpe CNPSo 1627 e in natura da estirpe CNPSo 4041 estimulou o desenvolvimento de raízes em relação àquelas dos tratamentos controles com agrotóxico, inoculados e não inoculados. As plantas da combinação SEMIA 5079 e EPS in natura de CNPSo 4041 também se destacaram quanto à massa de parte aérea seca. Quanto ao teor de N e N acumulado na parte aérea, não houve diferenças significativas entre os tratamentos inoculados, independente da presença de EPS.

Tabela 2. Parâmetros simbióticos e de crescimento de soja cultivada em casa de vegetação, cujas sementes foram tratadas ou não com agrotóxico e inoculadas com diferentes combinações das estirpes SEMIA 5080 e SEMIA 5079 e EPS, *in natura* ou autoclavados, dos isolados CNPSo 1627 (*Rhi*) ou CNPSo 4041 (*Agro*).

Tratamentos ^a	Nodulação		Biomassa		N na parte aérea	
	NN ^b (nº pl ⁻¹)	MNS (mg pl ⁻¹)	MRS (g pl ⁻¹)	MPAS (g pl ⁻¹)	Teor de N (g kg ⁻¹)	N acumulado (mg pl ⁻¹)
-----SEMIA 5080-----						
+TS (NI)	-	-	0,56	0,91 b	9,85 c	8,91 b
-TS (I)	49,2	230	0,61	1,80 a	37,8 ab	66,3 a
+TS (I)	42,8	215	0,61	1,60 a	38,5 ab	59,2 a
+TS EPS <i>Rhi</i> nat	58,1	247	0,61	1,91 a	41,3 a	77,2 a
+TS EPS <i>Rhi</i> aut	48,6	175	0,49	1,45 ab	34,6 b	52,1 a
+TS EPS <i>Agro</i> nat	46,5	200	0,56	1,61 a	38,1 ab	62,0 a
+TS EPS <i>Agro</i> aut	38,5	187	0,68	1,58 a	36,5 ab	59,6 a
Value-p	0,12	0,55	0,20	0,04	<0,01	<0,01
CV (%)	28,5	34,6	20,3	36,1	32,2	56,1
-----SEMIA 5079-----						
+TS (NI)	-	-	0,56 d	0,91 c	9,85 b	8,91 b
-TS (I)	60 a	208	0,83 ab	1,59 ab	31,9 a	52,5 a
+TS (I)	43 ab	147	0,59 cd	1,26 bc	37,5 a	48,6 a
+TS EPS <i>Rhi</i> nat	26 b	190	0,78 abc	1,58 ab	33,6 a	52,0 a
+TS EPS <i>Rhi</i> aut	45 ab	212	0,89 a	1,63 ab	33,8 a	57,3 a
+TS EPS <i>Agro</i> nat	40 b	225	0,89 a	1,87 a	35,9 a	67,2 a
+TS EPS <i>Agro</i> aut	36 b	173	0,66 bcd	1,46 ab	39,4 a	59,2 a
Value-p	0,01	0,12	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
CV (%)	45,1	28,1	27	29,7	36,2	49,8

Os dados representam a média de seis repetições. Médias seguidas por letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a $p \leq 0,05$.

^a +TS (NI), sementes com tratamento químico não inoculadas; -TS (I), sementes sem tratamento químico inoculadas; +TS (I), sementes com tratamento químico inoculadas; +TS EPS *Rhi* nat, sementes com tratamento químico, inoculadas e com EPS *in natura* de *Rhizobium* sp.; +TS EPS *Rhi* aut, sementes com tratamento químico, inoculadas e com EPS autoclavado de *Rhizobium* sp.; +TS EPS *Agro* nat, sementes com tratamento químico, inoculadas e com EPS *in natura* de *Agrobacterium* sp.; +TS EPS *Agro* aut, sementes com tratamento químico, inoculadas e com EPS autoclavado de *Agrobacterium* sp.

^bNN Número de nódulos; MNS Massa de nódulos secos; MRS Massa de raízes secas; MPAS Massa de parte aérea seca.

Conclusão

Os EPS de *Rhizobium* sp. e *Agrobacterium* sp. aumentaram a viabilidade celular de *Bradyrhizobium* spp. inoculados em sementes de soja pré-tratadas com agrotóxico e beneficiaram atributos relativos à FBN e ao desenvolvimento das plantas de soja em ensaios *in vitro* e em casa de vegetação. O estudo é pioneiro na avaliação de EPS para aumentar a compatibilidade de químicos com inoculantes no tratamento de sementes de soja.

Referências

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 30, de 12 de novembro de 2010. Estabelecer os métodos oficiais para análise de inoculantes. **Diário Oficial da União**, 17 nov. 2010. seção 1, p. 4-10.
- BROUGHTON, W. J.; DILWORTH, M. J.; Control of Leghemoglobin in snake beans. **Biochemical Journal**, v. 125, n. 4, p. 1075-1080, 1971.
- CASTELLANE, T. C. L.; LEMOS, M. V. F.; LEMOS, E. G. de M. Evaluation of the biotechnological potential of *Rhizobium tropici* strains for exopolysaccharide production. **Carbohydrate Polymers**, v. 111, p. 191-197, 2014.
- COSTA, M. R.; CAVALHEIRO, J. C. T.; GOULART, A. C. D.; MERCANTE, F. M. Sobrevivência de *Bradyrhizobium japonicum* em Sementes de soja tratadas com fungicidas e os efeitos sobre a nodulação e a produtividade da cultura. **Summa Phytopathologica**, v. 39, n. 3, p. 186-192, 2013.
- DUBOIS, M.; GILLES, A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemical**, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956.
- FARIAS, T. P.; SOARES, B. L.; D'EÇA, C. S. B.; MOREIRA, F. M. S. Polymeric formulations of liquid inoculants with rhizobia exopolysaccharides increase the survival and symbiotic efficiency of elite *Bradyrhizobium* strains. **Archives of Microbiology**, v. 204, n. 177, p. 1-9, 2022.
- FREITAS, F. TORRES, C. A. V.; REIS, M. A. M. Engineering aspects of microbial exopolysaccharide production. **Bioresource Technology**, v. 245, p. 1674-1683, 2017.
- MACHINESKI, G. S.; SCARAMAL, A. S.; MATOS, M. A. de; MACHINESKI, O.; COLOZZI FILHO, A. Efficiency of pre-inoculation of soybeans with *Bradyrhizobium* up to 60 days before sowing. **African Journal of Agricultural Research**, v. 13, n. 24, p. 1233-1242, 2018.
- WILLIS, R. B.; MONTGOMERY, M. E.; ALLEN, P. R. Improved method for manual, colorimetric determination of total kjeldahl nitrogen using salicylate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, p. 1804-1807, 1996.
- WILLISTON, E. H.; ZIA-WALRATH, P.; YOUMANS, G. P. Plate methods for testing antibiotic activity of actinomycetes against virulent human type tubercle bacilli. **Journal of Bacteriology**, v. 54, n. 5, p. 563-568, 1947.

Acidez potencial estimada pelo método do pH SMP em solos da Fazenda Modelo da Embrapa em Ponta Grossa-PR

ALVES, A. C. A. M.¹; GERMANO, M. G.²; ANDRADE, F. A.²; KLEINERT, J. J.²; CASTRO, C. de³; OLIVEIRA JUNIOR, A. de³; OLIVEIRA, F.A. de³

¹UEL, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR; ²Embrapa Soja, Laboratório de Análise de Solo e Tecido Vegetal;

³Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

Dentre as ações de manejo do solo, a correção da acidez e manutenção do pH em níveis equilibrados representa um item prioritário e condicional para a melhor exploração da fertilidade do solo pelas plantas e eficiência do uso dos fertilizantes aplicados. A recomendação técnica de corretivos de acidez baseia-se na quantificação da acidez potencial (H+Al), atributo químico determinado pelo tamanho e composição mineralógica e orgânica da fração argila do solo (Oliveira Junior et al., 2020). Para essa quantificação, o método utilizado leva em consideração a atividade dos íons hidrogênio (H⁺) presentes na solução do solo, a presença de elementos químicos de reação ácida (Al³⁺) no solo e, principalmente, a quantidade de íons H⁺ ligados covalentemente à matriz do solo (Bellinaso et al., 2013).

A estimativa da acidez potencial pelo método tampão SMP (Shoemaker et al., 1961), em substituição da determinação do H+Al pelo método do acetato de cálcio (Ca(OAc)₂) 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0 (Silva, 2009), vem sendo utilizada no Brasil como o principal método de rotina laboratorial. Seu uso se tornou conveniente porque as suas características de simplicidade e praticidade analítica são de fácil reprodução e, por isso, é amplamente utilizado pelos laboratórios de análise de solos (Raij et al., 2001; Toledo et al., 2012). Entretanto, o método tampão deve ser calibrado regionalmente com a acidez potencial determinada diretamente para estimar com eficácia o H+Al dos solos.

Inúmeros autores desenvolveram equações de regressão para estimar os valores de H+Al em alguns estados brasileiros e concluíram que o método SMP é de fácil execução, produzindo estimativas com excelente correlação com o teor de H+Al extraído pelo método do acetato de cálcio (Almeida Júnior

et al., 2015). A fim de estabelecer um método oficial para determinar a acidez potencial em um Estado, comumente, faz-se necessário que as curvas de calibração sejam ajustadas para um conjunto que representa todas as classes de interpretação de solos solos daquele local, abrangendo amostras com grande diversidade de composição mineralógica e proporção da fração orgânica, a exemplo da metodologia aplicada aos solos do Paraná (Pavan et al., 1996).

A região dos Campos Gerais do Paraná é constituída, predominantemente, por rochas da Bacia Sedimentar do Paraná denominadas Arenito Furnas, com presença de folhelhos da Formação Ponta Grossa (Bognola; Fasolo, 2003). As principais classes de solos ocupadas por atividades agrícolas nesta região são os Latossolos, Cambissolos Neossolos Litólicos e Argissolos (Sá, 2007). Este conjunto de solos representa uma menor diversidade em relação às classes de solos de ocorrência no Paraná e, dessa forma, justifica-se a busca por modelos matemáticos de predição da acidez potencial ajustados de forma regional para os Campos Gerais.

O presente trabalho avaliou dois métodos para determinação da acidez potencial do solo, de modo a estimar a correlação entre o método padrão, que utiliza acetato de cálcio 0,5 M a pH 7,0, e o método SMP, para estabelecer uma curva de calibração ajustada para solos da Fazenda Modelo da Embrapa, em Ponta Grossa-PR, que engloba os Latossolos Vermelhos Distróficos e Cambissolos.

Material e Métodos

Área experimental

O estudo foi realizado com 72 amostras de solo coletadas nas profundidades de 0 - 20 cm (36), de 20 - 40 cm (36), na Fazenda Modelo da Embrapa, localizada no município de Ponta Grossa – PR (25°09'27"S, 50°04'25"O). As coletas foram realizadas com o uso do trado holandês, sem repetições, em diversos pontos de áreas representativas das diversidades edáfica (classes de solos) e de uso agrícola (cultura anual, cultura perene, APP).

Determinação da acidez potencial do solo por Acetato de Cálcio a 0,5 M

Para o controle da qualidade da determinação analítica foi utilizada uma amostra de solo de referência da Comissão Estadual de Laboratórios de Análises Agronômicas (CELA-PR). Para a determinação da acidez potencial pelo método de acetato de cálcio foi coletado o volume de 1 cm³ de cada amostra em copos descartáveis de 80 mL. Para cada amostra, foram adicionados 15 mL de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, seguidas de agitação em mesa orbital por 1 minuto a 150 rpm, acompanhadas do branco, e deixadas em repouso durante 18 horas. Após esse tempo, foram retiradas alíquotas de 5 mL, que foram transferidas para copos descartáveis de 50 mL, juntamente com 20 mL de água deionizada e tituladas automaticamente com hidróxido de sódio 0,025 mol L⁻¹, utilizando-se três gotas de fenolftaleína alcóolica a 10 g L⁻¹ como indicador. O equipamento utilizado para as titulações foi a bureta Metrohm 775 Dosimat, acoplada ao amostrador automático FZ68-TRV (marca Fooze).

Determinação da acidez potencial do solo por SMP

Para cada amostra, foi coletado o volume de 8 cm³ em copos plásticos de 80 mL. Foi preparada uma solução extratora de CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, da qual 20,0 mL foram adicionados em cada amostra, submetidas à agitação em mesa orbital durante 15 minutos a 220 rpm e posteriormente mantidas em repouso por 30 minutos. Uma solução SMP foi preparada e verteu-se 4,0 mL da solução SMP em cada amostra, as quais foram agitadas em mesa orbital durante 20 minutos a 220 rpm e deixadas em repouso por uma noite. Na tarde seguinte, foram agitadas por mais 10 minutos a 220 rpm e mantidas em repouso por mais 30 minutos. Em sequência, foi realizada a leitura do potencial hidrogeniônico com medidor de pH de bancada PG-2000 da marca Gehaka.

Tratamento estatístico dos dados

A estimativa da acidez potencial do solo para o conjunto de dados da Fazenda Modelo de Ponta Grossa foi realizada por meio da análise de regressão entre os dados da titulação das amostras com acetato de cálcio e os dados da determinação de pH SMP. Foram utilizados os modelos de regressão linear,

exponencial, logarítmica e polinomial (quadrática), utilizando-se o editor de planilhas Excel (Microsoft) para avaliar o modelo de curva de calibração com melhor ajuste.

Foi utilizado também o teste estatístico proposto por Leite e Oliveira (2002) para verificar a identidade entre os métodos avaliados. Os resultados obtidos para todas as amostras foram verificados por meio de três testes: (I) $F(H_0)$ para averiguar os estimadores do modelo de regressão linear b_0 e b_1 são iguais a 0 e 1; (II) o teste t, utilizado para o erro médio ($t_{\text{erro médio}}$), que avalia a possibilidade de variáveis que se relacionam na precisão do método em comparação e (III) análise do coeficiente de correlação linear (r_{yiyj}) em comparação ao erro médio [$(r_{yiyj}) \geq |1 - \text{erro médio}|$]. Com base nessas estatísticas é proposta uma regra de decisão para o teste de hipóteses de identidade entre dois vetores quaisquer, ou seja, grupos de dados quantitativos. Dessa maneira, y_i e y_j são as variáveis em estudo e os métodos comparados são idênticos quando os resultados para os três testes forem:

$$F(H_0) = \text{ns}; t_{\text{erro médio}} = \text{ns}; \quad [(r_{yiyj}) \geq |1 - \text{erro médio}|] = \text{Sim}$$

$$F(H_0) = *; t_{\text{erro médio}} = \text{ns}; \quad [(r_{yiyj}) \geq |1 - \text{erro médio}|] = \text{Sim}$$

Resultados e Discussão

Houve correlação significativa entre o valor do pH SMP e valor determinado de acidez potencial pelo método do acetato de cálcio 0,5 M, para o conjunto de amostras de solos da Fazenda Modelo da Embrapa em Ponta Grossa - PR. No entanto, nenhum modelo matemático se destacou por apresentar coeficiente de determinação mais elevado, que variou de 0,326 a 0,397 (Tabela 1).

Tabela 1. Modelos de regressão para a acidez potencial determinada por Acetato de Cálcio x pH_{SMP} ajustados para os solos da Fazenda Experimental da Embrapa.

Correlação	Equação	R ²
Quadrática	$H + AI = -3,1151 (\text{pH SMP})^2 + 31,846 (\text{pH SMP}) - 71,972$	0,3966
Linear	$H + AI = -3,7532 (\text{pH SMP}) + 29,341$	0,3391
Exponencial	$H + AI = 162,66 e^{-0,536 (\text{pH SMP})}$	0,3362
Logarítmico	$H + AI = -20,92 \ln (\text{pH SMP}) + 44,312$	0,3260

A partir de cada um dos modelos matemáticos de correlação selecionados, foram estimados os valores de H+Al para o conjunto de amostras do estudo e, a seguir, aplicado o teste de avaliação da identidade estatística, proposto por Leite e Oliveira (2002) (Tabela 2), em relação aos valores determinados pelo método do acetato de cálcio 0,5M. Confirmando a hipótese deste trabalho, os valores de H+Al estimados pela curva geral do Estado do PR diferiram significativamente dos valores determinados. Em contrapartida, os valores estimados pelos modelos linear, quadrático e exponencial foram estatisticamente iguais aos valores determinados.

Tabela 2. Estimativa da identidade estatística (Leite; Oliveira, 2002) dos modelos de regressão da H+Al determinada por Acetato de Cálcio x H+Al estimada por pH_{SMP} com os dados ajustados para os solos da Fazenda Experimental da Embrapa em Ponta Grossa, PR.

Modelo	Correlação			
	F(H0)	H+Al Ca(OAc) ₂ x t erro médio	Estimativa H+Al(pHSMP) [(ryiyj) ≥ 1 - erro médio]	R ²
PARANÁ	0,001 ^{ns}	6,421 [*]	SIM	0,9237
Quadrático	0,001 ^{ns}	1,797 ^{ns}	SIM	0,9502
Linear	0,004 ^{ns}	1,955 ^{ns}	SIM	0,9455
Logarítmico	0,004 ^{ns}	2,002 [*]	SIM	0,9444
Exponencial	0,002 ^{ns}	1,053 ^{ns}	SIM	0,9407

O modelo de regressão proposto que teve melhor ajuste foi o de regressão polinomial quadrático, apresentando identidade estatística e o maior coeficiente de determinação para a correlação dos valores determinados x estimados, dentro da faixa de pH SMP analisada (Figura 1). Em relação ao modelo utilizado para os solos do Paraná (Figura 1A), o modelo proposto (Figura 1B) apresenta melhor ajuste para estimar H+Al, representado não apenas pelo $R^2=0,9502$, mas também pelo coeficiente linear (b) de 0,0262 e o coeficiente angular da reta (a) de 0,9499, demonstrando maior similaridade aos valores determinados. A análise visual dos gráficos permite identificar a estimativa de valores discrepantes e a perda de sensibilidade do ajuste do modelo para o Paraná para os valores maiores de pH SMP das amostras, devido ao menor coeficiente angular da reta.

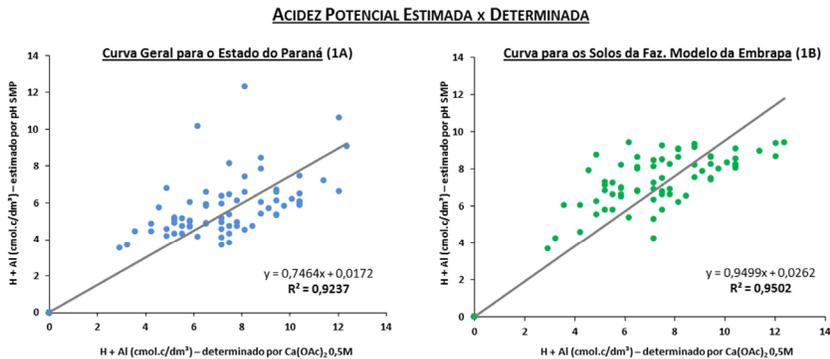


Figura 1. Acidez potencial estimada utilizando-se a curva geral para o Estado do Paraná (A) e acidez potencial determinada a partir da correlação polinomial (quadrática), calculada a partir da equação $H + Al = -3,1151 (\text{pH SMP})^2 + 31,846 (\text{pH SMP}) - 71,972$, para os solos da Fazenda Modelo da Embrapa, em Ponta Grossa-PR (B).

Conclusão

O modelo matemático de regressão polinomial quadrático apresentou identidade estatística e o melhor ajuste para estimar a acidez potencial do conjunto de dados analisados. O coeficiente angular do modelo selecionado aproxima-se de 1, indicando que o mesmo pode ser utilizado em substituição à Curva Geral para o Estado do Paraná para a estimativa da acidez potencial das amostras de solo da Fazenda Modelo da Embrapa em Ponta Grossa.

Referências

- ALMEIDA JUNIOR, A. B.; NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, F. M. R. Potential acidity estimated by the pH SMP method in soils of the State of Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 3, p. 767-773, 2015.
- BELLINASSO, R. J. S.; GONZATTO, R.; KAMINSKI, J.; SANTANNA, M. A.; TOLEDO, J. dos A.; PICCIN, R. Estimativa da acidez potencial pelo método de acetato de cálcio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., 2013, Florianópolis. **Ciência do solo: para quê e para quem: anais**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 4 p.
- BOGNOLA, I. A.; FASOLO, P. J. **Relatório final do contrato de cooperação técnica entre a Embrapa Florestas e o IAPAR para o mapeamento dos solos e aptidão agrícola das terras da Fazenda Modelo, Ponta Grossa / PR**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 25 p.

LEITE, H. G.; OLIVEIRA, F. H. T. Statistical procedure to test identity between analytical methods. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 33, n. 7-8, p. 1105-1118, 2002.

OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F. A. de; KLEPKER, D. Fertilidade do solo e avaliação do estado nutricional da soja. In: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. (ed.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. p. 133-184. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17).

PAVAN, M. A.; OLIVEIRA, E. L.; MIYAZAWA, M. Determinação indireta da acidez extraível do solo (H + Al) por potenciometria com a solução-tampão SMP. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 39, p. 307-312, 1996.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285 p.

SÁ, M. F. M. **Os solos dos Campos Gerais**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2007. cap. 6, p. 73-83.

SHOEMAKER, H. E.; MCLEAN, E. O.; PRATT, P. F. Buffer methods for determining lime requirements of soils with appreciable amount of extractable aluminum. **Soil Science Society of America Proceedings**, v. 25, p. 274-277, 1961.

SILVA, F. C. da (ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627 p.

TOLEDO, J. dos A.; KAMINSKI, J.; SANTANA, M. A.; SANTOS, D. R. dos. Tampão Santa Maria (TSM) como alternativa ao tampão SMP para medição da acidez potencial de solos ácidos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 427-435, 2012.

Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de girassol em segunda safra de verão no Brasil

ASSIS, R. G. da S. ¹; VIEIRA, L. H. ²; AMABILE, R. F. ³; GODINHO, V. de P. C. ⁴; MATOS, V. A. T. de ⁵; RAMOS, N. P. ⁶; SILVA, A. G. da ⁷; CARVALHO, C. G. P. de⁸

¹Universidade Pitágoras UNOPAR Anhanguera, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR; ²Universidade Filadélfia de Londrina, Bolsista do PIBIC/CNPq; ³Embrapa Cerrados; ⁴Embrapa Rondônia; ⁵Instituto Federal de Mato Grosso, ⁶Embrapa Meio Ambiente; ⁷Universidade de Rio Verde; ⁸Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

Os grãos de girassol são utilizados para a extração de óleo de excelente qualidade, destinado principalmente às indústrias de alimentos e ao consumo humano, na forma de óleo refinado (Grunvald et al., 2008). Apesar da relevância, a área de cultivo de girassol no Brasil é pouco expressiva, com apenas 42 mil hectares semeados na safra 2022/2023 (Conab, 2023), principalmente na segunda safra de verão.

Para que haja expansão de cultivo de girassol no país é importante haver a disponibilidade de cultivares com adaptação a diferentes condições edafoclimáticas. Essa pesquisa tem sido realizada pela Rede de Ensaios de Avaliação de Genótipos de Girassol, coordenada pela Embrapa Soja e conduzida por instituições públicas e privadas. Em função da interação genótipo x ambiente, nas análises desses ensaios (Dalchiavon et al., 2016, 2019), a indicação de cultivares pode ser específica para determinados ambientes ou ter ampla adaptabilidade com boa estabilidade nos mesmos (Cruz; Carneiro, 2003).

Este trabalho teve como objetivo estudar a adaptabilidade e a estabilidade de genótipos de girassol, quanto ao rendimento de grãos e de óleo, cultivados nas condições de segunda safra, em 2021 e 2022.

Material e Métodos

Foram avaliados, em segunda safra de verão, 12 híbridos de girassol nos Ensaios Finais de Primeiro Ano (EFP1) e de Segundo Ano (EFP2), pertencentes à Rede de Ensaios de Avaliação de Genótipos de Girassol. Os EFP1 na safra 2021, foram conduzidos em Planaltina, Recanto das Emas e Vargem Bonita (DF), Rio Verde (GO), Campo Verde (MT) e Vilhena (RO) – Ensaio

A, Ensaio B e Ensaio C. Os Ensaio Finais de Segundo Ano, em 2022, foram conduzidos em Jaguariúna (SP), Campo Verde (MT), Planaltina, Vargem Bonita e Recanto das Emas (DF), Vilhena (RO) – Ensaio A, Ensaio B e Ensaio C e Palmas (TO). Os híbridos BRS 323, Altis 99 e Helio 250 foram considerados testemunhas dos ensaios.

Os ensaios foram semeados nos meses de fevereiro e março, em delineamento experimental de blocos completos casualizados com quatro repetições, sendo que cada parcela foi constituída de quatro linhas de 6 metros de comprimento, espaçadas de 0,5 a 0,7 m. Na colheita, as duas linhas externas e 0,5 m de cada extremidade das linhas centrais foram descartadas como bordaduras, obtendo-se uma área útil na parcela de 5 a 7 m², dependendo do espaçamento adotado. Foram realizados tratos culturais como adubação e capina para possibilitar o melhor desenvolvimento das plantas (Castro; Leite, 2018).

Análises de variância para rendimentos de grãos e de óleo foram realizadas em cada local e ano. Como nem sempre os locais de testes nos EFP1 foram os mesmos dos EFP2, foi realizada análise conjunta de ambientes, considerando ambiente como local e ano específico. O estudo de adaptabilidade e estabilidade foi realizado com base no método de Eberhart e Russell (1966). Por esse método, os híbridos com coeficiente de regressão igual à unidade ($\hat{\alpha}_1 = 1$) possuem adaptabilidade geral ou ampla; os híbridos com $\hat{\alpha}_1 > 1$ mostram adaptabilidade específica para ambientes favoráveis e os híbridos com $\hat{\alpha}_1 < 1$, adaptabilidade específica para ambientes desfavoráveis. Híbridos com desvios da regressão igual a zero ($\hat{\sigma}_a^2 = 0$) apresentam estabilidade alta e híbridos com $\hat{\sigma}_a^2 > 0$, são de baixa estabilidade. Um híbrido é considerado ideal quando apresenta alto rendimento médio, $\hat{\alpha}_1 > 1$ e $\hat{\sigma}_a^2 = 0$. A classificação dos ambientes favoráveis (índice ambiental > 0) ou desfavoráveis (índice ambiental < 0) foi realizada por meio do índice ambiental, que é a diferença entre a média dos genótipos avaliados em dado ambiente e a média geral dos experimentos.

Resultados e Discussão

Diferenças significativas ($p < 0,01$) entre os híbridos e na interação Híbridos x Ambientes foram observadas nas análises de variância conjuntas para rendimentos de grãos e de óleo, o que indica a necessidade de realização de estudos de adaptabilidade e estabilidades dos híbridos nas diferentes regiões de cultivo (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância de rendimento de grãos de híbridos de girasol avaliados em 2021 e 2022, em diferentes condições edafoclimáticas do Brasil.

F.V.	G.L.	Quadrado médio	
		Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)	Rendimento de óleo (kg ha ⁻¹)
Bloco/Ambientes	51	229999,9	38718,8
Híbridos (H)	11	744327,3**	71386,8**
Ambientes (A)	16	31160410,5**	21600206,1**
H x A	176	320010,0**	51658,5**
Resíduo	557	107100,5	16634,8
C.V.(%)		13,9	15,6
Média ^{1/}		2342	828

** significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F. ^{1/} C.V.: coeficiente de variação experimental, em %.

Os híbridos BRS G73, BRS G74, BRS G75, BRS G79 e BRS G81 apresentaram rendimentos de grãos superiores ao obtido pela testemunha Helio 250 (Tabela 2). Destes, os híbridos BRS G81 foi considerado ideal pelo método de Eberhart e Russell (1966), pois apresentou adaptabilidade geral ($\hat{\alpha}_1 = 1$) e estabilidade alta ($\hat{\sigma}_a^2 = 0$). Os híbridos BRS G73 e BRS G75 apresentaram adaptabilidade geral ($\hat{\alpha}_1 > 1$) com $\hat{\sigma}_a^2 > 0$ e $R^2 > 80\%$, o que não deve ser julgado totalmente indesejável (Cruz & Carneiro, 2023). Os híbridos BRS G74 e BRS G79 apresentaram adaptabilidade a ambientes favoráveis ($\hat{\alpha}_1 > 1$) e estabilidade alta ($\hat{\sigma}_a^2 = 0$).

Tabela 2. Parâmetros de estabilidade e adaptabilidade de híbridos de girassol, obtidos por meio do método de Eberhart e Russel (1966) para o rendimento de grãos (kg ha^{-1}) de híbridos de girassol avaliados em 2021 e 2022, em diferentes condições edafoclimáticas do Brasil.

Híbridos	Média ^{1/}	$\beta 1$ ^{2/}	$\sigma_{\hat{a}}^2$ ^{3/}	R ²
BRS 323 (T)	2331 abc	0,86 ns	44337,3 **	82,3
BRS G73	2478 a	0,88 ns	53983,0 **	80,8
BRS G74	2476 a	1,22 **	7129,5 ns	95,2
BRS G75	2422 ab	1,11 ns	24494,6 *	91,5
BRS G76	2332 abc	0,94 ns	11512,7 ns	91,2
BRS G77	2225 bc	0,88 ns	61905,2 **	79,6
BRS G78	2287 abc	0,94 ns	9191,4 ns	91,8
BRS G79	2428 ab	1,24 **	12750,0 ns	94,7
BRS G80	2273 abc	0,86 ns	72693,8 **	76,7
Altis 99 (T)	2233 bc	0,80 **	109431,5 **	67,6
Helio 250 (T)	2177 c	1,17 *	31433,4 *	91,4
BRS G81	2442 ab	1,06 ns	18364,8 ns	91,9

^{1/} Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade, ^{2/} ns, * e ** Não-significativo e significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t, ^{3/} ns, * e ** Não-significativo e significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Os híbridos BRS G81 e BRS G74 foram considerados ideais para rendimento de óleo, pois apresentaram média alta, $\hat{a}_1 = 1$ e $\sigma_{\hat{a}}^2 = 0$ (Tabela 3). Os híbridos BRS G75, BRS G79 e BRS G76 mostraram estabilidade alta ($\sigma_{\hat{a}}^2 = 0$), sendo os dois primeiros com adaptabilidade a ambientes favoráveis ($\hat{a}_1 > 1$) e o último com adaptabilidade geral. Assim, os comportamentos diferenciados dos híbridos nos diferentes ambientes de teste evidenciou a importância de estudos de adaptabilidade e estabilidade.

Tabela 3. Parâmetros de estabilidade e adaptabilidade de híbridos de girassol, obtidos por meio do método de Eberhart e Russel (1966) para o rendimento de óleo (kg ha⁻¹) de híbridos de girassol avaliados em 2021 e 2022, em diferentes condições edafoclimáticas do Brasil.

Híbridos	Média ^{1/}	β_{11}	σ_{α}^2	R ²
BRS 323 (T)	787 ab	0,86 ns	35814,8 **	68,6
BRS G73	855 ab	0,74 **	28965,9 *	73,8
BRS G74	864 a	1,11 ns	5188,7 ns	94,5
BRS G75	838 ab	1,20 *	18724,8 ns	92,6
BRS G76	831 ab	1,02 ns	17223,7 ns	88,1
BRS G77	824 ab	0,93 ns	48678,1 **	75,1
BRS G78	757 b	0,86 ns	20420,1 *	89,7
BRS G79	836 ab	1,23 **	19348,1 ns	94,6
BRS G80	781 ab	0,78 **	41009,2 **	71,2
Altis 99 (T)	871 a	0,94 ns	71300,8 **	69,5
Helio 250 (T)	832 ab	1,30 **	16423,8 ns	87,7
BRS G81	863 a	1,00 ns	14476,5 ns	84,2

^{1/} Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade, ^{2/} ns, * e ** Não-significativo e significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t, ^{3/} ns, * e ** Não-significativo e significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Conclusão

Nas condições de segunda safra brasileira, o híbrido BRS G81 mostra alto rendimento de grãos e de óleo, com adaptabilidade geral e estabilidade alta.

Referências

CASTRO, C. de; LEITE, R. M. V. B. de C. Main aspects of sunflower production in Brazil. **Oilseeds & fats Crops and Lipids (OCL)**, v. 25, n. 1, p. 2-11, 2018.

CONAB. **Boletim da safra de grãos**: 8º levantamento - safra 2022/23. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 23 maio 2023.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFGV, 2003. 585 p.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, C. G. P. de; AMABILE, R. F.; GODINHO, V. P. C. de; RAMOS, N. P.; ANSELMO, J. L. Características agrônômicas e suas correlações em híbridos de girassol adaptados à segunda safra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 11, p. 1806-1812, 2016.

DALCHIAVON, F. C.; LORENZON, L. A.; PERINA, R. de A.; OLIVEIRA, R. A. de; SANTOS, J. A. dos. Economic opportunity for investment in soybean and sunflower crop system in Mato Grosso, Brazil. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 29, n. 1, p. 1-12, 2019.

EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v. 6, p. 36-40, 1966.

GRUNVALD, A. K.; CARVALHO, C. G. P. de; OLIVEIRA, A. C. B. de; ANDRADE, C. A. B. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol no Brasil Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 11, p. 1483-1493, 2008.

Compatibilidade de agroquímicos com isolados do fungo *Metarhizium rileyi*

TORRES, G. V. H.¹; LIRA, J. K. F.²; ALMEIDA, A.³; SOSA-GÓMEZ, D. R.⁴

¹UNIFIL, Centro Universitário Filadélfia, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR; ²UNOPAR, Universidade do Norte do Paraná, Bolsista PIBIC/CNPq; ³UFPR, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR; ⁴Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

O fungo entomopatogênico *Metarhizium rileyi* (Farlow) Kepler, Rehner & Humber é um importante agente de controle natural de lepidópteros de importância econômica, pois suas epizootias podem causar casos isolados da doença ou dizimar populações de diversas espécies de Noctuidae (*Chrysodeixis includens*, *Rachiplusia nu*, *Spodoptera frugiperda*), Erebidae (*Anticarsia gemmatalis*, *Alabama argilacea*, *Spilosoma virginica*) (Ignoffo, 1981; Ríos-Velasco et al., 2010). Alta prevalência de *M. rileyi* tem sido observada em culturas de relevância econômica como a soja, algodão, amendoim e milho (Corrêa-Ferreira; Smith, 1975; Devi et al., 2003; Rachappa; Lingappa, 2007; Ruiz-Nájera et al., 2013) assim como em guandu e feijão caupi (Manjula et al., 2003; Ingle et al., 2004).

A determinação da seletividade a agroquímicos tem o duplo propósito de evitar a interferência do controle natural exercido nas populações das pragas e permitir a utilização conjunta do patógeno com o químico para complementar sua ação, e quando possível aproveitar o efeito sinérgico ou aditivo viabilizando o uso de doses menores (Quintela; McCoy, 1998; Bueno et al., 2017).

Neste trabalho foi estudado o crescimento micelial de *M. rileyi* em meio de cultura contendo diferentes agroquímicos visando verificar a compatibilidade entre eles.

Material e Métodos

O isolado CNPSo-Mr 590 proveniente da coleção de trabalho da Embrapa Soja foi inoculado em meio de cultura SMAY (2,5 g de neopeptona, 10 g de maltose, 2,5 g de extrato de levedura, 3,75 g de ágar e 250 ml de água destilada) (Morrow et al., 1989). Foi originalmente coletado em Quincy, Florida,

EUA, pelo Dr. Drion G. Boucias, da Universidade da Florida, em 20 de setembro de 1993, encontrado infectando lagarta da soja *Anticarsia gemmatalis*. Após 15 dias porções de micélio com conídios forma extraídas das colônias provenientes do meio SMAY, utilizando um vazador estéril de 6 mm de diâmetro. Frascos Erlenmeyer (250 mL) contendo 50 mL meio de cultura líquido SMY (sem ágar) foram inoculadas com duas porções de micélio/frasco, posteriormente os agroquímicos foram adicionados nas máximas concentrações recomendadas de bula (Tabela 1).

Tabela 1. Agroquímicos utilizados nos ensaios de compatibilidade com *Metarhizium rileyi*.

Ingrediente ativo / concentração	Nome comercial	dose de produto comercial em 100L
Tiametoxam /141 g i.a./L + lambda-cialotrina, 106 g i.a./L+ Naphta 72,76 g i.a./L)	Engeo Pleno S	200 mL
Acefato 970 g i.a./Kg	Perito 970 SG	1000 g
Bixafem, 125 g i.a./L + protioconazol 175 g i.a./L + trifloxistrobina 150 g i.a./L)	Fox Xpro	250 mL
Saflufenacil, 700 g i.a./Kg + metilnaftalenossulfonato de Na, 10 g i.a./kg	Heat	50 mL
Sal de potássio de glifosato 588 g/L + 480 g/L equivalente ácido de glifosato.	Roundup Transorb R	1000 mL
Testemunha	NA	NA

NA= não se aplica

Os frascos com *M. rileyi* expostos aos agroquímicos foram mantidos em agitação contínua a $26 \pm 2^\circ\text{C}$ em uma incubadora refrigerada com agitação (Tecnal®, Modelo TE 421) regulada a 80 rotações por minuto (rpm) durante 15 dias. Após esse período o micélio foi coletado por filtração rápida e pesado em balança de precisão (Shimadzu AUY220). O peso úmido foi determinado após o processo de filtragem e o peso seco foi obtido após total evaporação da parte líquida até peso constante.

Resultado e Discussão

A maior parte dos produtos, nas concentrações testadas causaram inibição do crescimento do isolado exceto o herbicida saflufenacil 700 g/Kg + metilnaftalenossulfonato de sódio, 10 g/kg que possibilitou o crescimento do micélio (Figura 1).

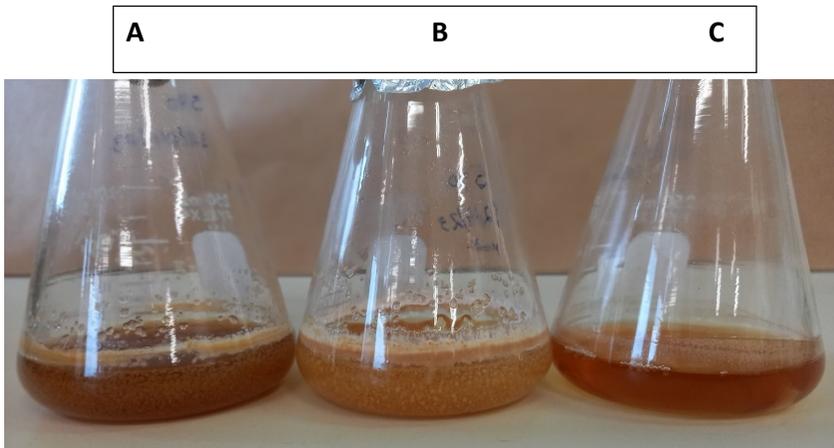


Figura 1. Crescimento micelial de *Metarhizium rileyi* (CNPSo-Mr 590) em 50 mL meio líquido SMY sem agroquímico (A), com adição de 17,5 mg/50mL de meio de cultura SMY Saflufenacil e 0,25 mg metilnaftalenossulfonato de Na (B) e inibição do crescimento na formulação contendo 0,294 mg de sal de potássio de glifosato + 0,24 mg de equivalente ácido de glifosato (C).

A inibição pelo contato direto e contínuo com os agroquímicos embora seja um método drástico permitiu determinar a formulação comercial que apresentou compatibilidade com o fungo (Figura 2).

Estudos complementares com concentrações menores serão necessários para determinar em que diluição os agroquímicos utilizados podem apresentar seletividade.

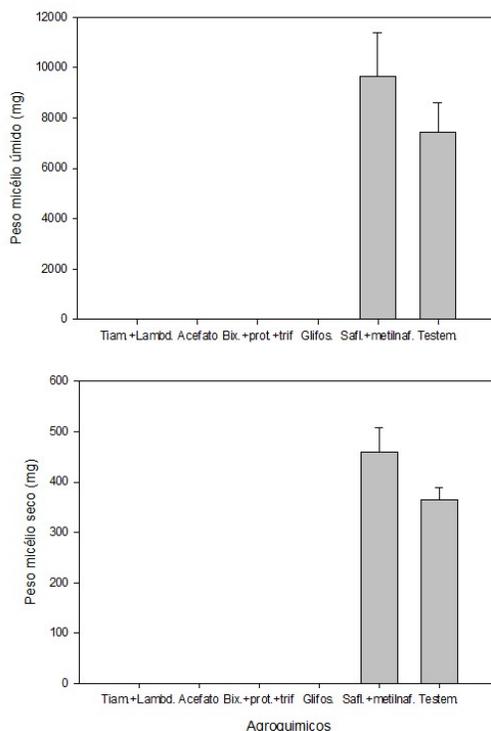


Figura 2. Massa micelial de *Metarhizium rileyi* (CNPSO-Mr 590) em meio líquido SMY com e sem a adição de agroquímicos. Concentrações em 50 mL de meio: 14,1 mg de tiametoxam + 10,6 mg de lambda-cialotrina, 485 mg de acefato, 31,2 mg de bixafem, + 43,7 mg protioconazol +182,5 de trifloxistrobina, 0,294 mg de sal de potássio de glifosato + 0,24 mg de equivalente ácido de glifosato, 17,5 mg de Saflufenacil + 0,25 mg metilnaftalenossulfonato de Na e sem a adição de agroquímicos (Testemunha).

Conclusão

O produto comercial Heat® contendo saflufenacil e metilnaftalenossulfonato de sódio, nas concentrações de 17,5 mg e 0,25 mg em 50 mL, respectivamente, foi seletivo para o isolado CNPSO-Mr590 do fungo *M. rileyi* possibilitando o crescimento semelhante ao meio de cultura sem agroquímicos.

Referências

- BUENO, A. de F.; CARVALHO, G. A.; SANTOS, A. C. dos; SOSA-GÓMEZ, D. R.; SILVA, D. M. da. Pesticide selectivity to natural enemies: challenges and constraints for research and field recommendation. **Ciência Rural**, v. 47, n. 6, e20160829, 2017. DOI: 10.1590/0103-8478cr20160829.
- CORRÊA-FERREIRA, B. S.; SMITH, J. G. *Nomuraea rileyi* attacking the velvetbean caterpillar, *Anticarsia gemmatalis* Hübner, in Paraná. **Florida Entomologist**, v. 58, p. 280, 1975.
- DEVI, K. U.; MOHAN, C. H. M.; PADMAVATHI, J.; RAMESH, K. Susceptibility to fungi of cotton boll worms before and after a natural epizootic of the entomopathogenic fungus *Nomuraea rileyi* (Hyphomycetes). **Biocontrol Science and Technology**, v. 13, p. 367-371, 2003.
- IGNOFFO, C. M. The fungus *Nomuraea rileyi* as a microbial insecticide. In: BURGESS, H. D. (ed.). **Microbial control of pests and plant diseases: 1970-1980**. New York: Academic Press, 1981. p. 513-538.
- INGLE, Y. V.; AHERKAR, S. K.; LANDE, G. K.; BURGONI, E. B.; AUTKAR, S. S. Natural epizootic of *Nomuraea rileyi* on lepidopterous pests of soybean and green gram. **Journal of Applied Zoological Researches**, v. 15, n. 2, p. 160-162, 2004.
- MANJULA, K.; NAGALINGAM, B.; ARJUNA, R. P. Occurrence of *Nomuraea rileyi* on *Spodoptera litura* and *Helicoverpa armigera* in Guntur District of Andhra Pradesh. **Annals of Plant Protection Sciences**, v. 11, n. 2, p. 224- 227, 2003.
- MORROW, B. J.; BOUCIAS, D. G.; HEATH, M. A. Loss of virulence in an isolate of an entomopathogenic fungus, *Nomuraea rileyi*, after serial in vitro passage. **Journal of Economic Entomology**, v. 82, 404e407, 1989. DOI: 10.1093/jee/82.2.404.
- QUINTELA, E.; MCCOY, C. Synergistic effect of imidacloprid and two entomopathogenic fungi on the behavior and survival of larvae of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) in Soil. **Journal of Economic Entomology**, v. 91, n. 1, p. 110-122, 1998.
- RACHAPPA, V.; LINGAPPA, S. Seasonality of *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson in northern transitional belt of Karnataka. **Annals of Plant Protection Sciences**, v. 15, n. 1, p. 68-72, 2007.
- RÍOS-VELASCO, C.; CERNA-CHÁVEZ, E.; SÁNCHEZ-PEÑA, S.; GALLEGOS-MORALES, G. Natural epizootic of the entomopathogenic fungus *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson infecting *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Coahuila México. **Journal of Research on the Lepidoptera**, v. 43, p. 7-8, 2010.
- RUIZ-NÁJERA, R. E.; RUIZ-ESTUDILLO, R. A.; SÁNCHEZ-YÁÑEZ, J. M.; MOLINA-OCHOA, J.; SKODA, S. R.; COUTIÑO-RUIZ, R.; PINTO-RUIZ, R.; GUEVARA-HERNÁNDEZ, F.; FOSTER, J.E. Occurrence of entomopathogenic fungi and parasitic nematodes on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae collected in central Chiapas, México. **Florida Entomologist**, v. 96, n. 2, p. 498-503, 2013.

Efeitos sinérgicos entre isolados virais da família Baculoviridae com potencial de controle de *Spodoptera frugiperda*

LIRA, J. K. F.¹; ALMEIDA, A.²; TORRES, G. V. H.³; OLIVEIRA, M. C. N. de⁴; SOSA-GÓMEZ, D. R.⁴

¹UNOPAR, Universidade do Norte do Paraná, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR; ²UFPR; Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, ³UNIFIL, Centro Universitário Filadélfia, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR; ⁴Pesquisador(a), Embrapa Soja.

Introdução

A espécie vegetal *Glycine max* (L.) Merrill é uma das principais commodities agrícolas cultivadas no território brasileiro. Na safra 2021/2022, foram destinados 40,9 milhões de hectares para o plantio desta cultura, resultando em uma produção de 123,8 milhões de toneladas (Embrapa Soja, 2022). Apesar do elevado potencial produtivo, a soja tem enfrentado ao longo dos anos diversos desafios fitossanitários (Nardon et al., 2021), incluindo o ataque de pragas pertencentes a diferentes ordens, com destaque para lepidópteros, hemípteros e coleópteros (Cazado et al., 2013; Silva et al., 2014; Murúa et al., 2018).

Dentre os lepidópteros, destaca-se a família Noctuidae, que abrange diversos insetos como destaque para *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, 1797 (Bueno et al., 2011; Moscardi et al., 2011; Marques et al., 2016), uma praga polífaga que afeta várias culturas cultivadas no Brasil, incluindo soja, milho e algodão (Barros et al., 2010). Embora inseticidas sejam amplamente utilizados para mitigar os danos causados por esse inseto, estudos têm demonstrado a ocorrência de resistência de populações dessa praga a proteínas Cry e a inseticidas químicos, o que demanda a busca por diferentes alternativas de controle (Farias et al., 2014).

Nesse sentido, o uso de agentes de controle biológico tem se mostrado cada vez mais uma alternativa para o manejo, minimização dos danos provocados por essa praga. Nesse contexto, o uso do controle biológico aplicado com agentes microbianos é uma ferramenta essencial para o Manejo Integrado de Pragas (MIP), apresentando como principal vantagem a segurança tanto para seres humanos quanto para animais invertebrados (Sosa-Gómez et al.,

2022). Além disso, os baculovírus podem ser produzidos em larga escala e, devido à sua virulência, são letais para a maioria dos seus insetos hospedeiros (Jehle et al., 2006). Essa abordagem pode levar a uma redução do uso de inseticidas sintéticos e portanto, pode ser introduzida como uma alternativa eficaz para o manejo de insetos na cultura da soja, tornando-se valiosos agentes de controle natural, que além de proporcionarem um controle seguro, eficaz e sustentável tem ação sobre uma variedade de lepidópteros-praga, incluindo *S. frugiperda*.

Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a virulência dos isolados de baculovírus CNPSo-SfMNPV 156 e CNPSo-SfGV 178, aplicados isoladamente e em mistura sobre lagartas de *S. frugiperda*.

Material e Métodos

No presente estudo, foram utilizados isolados virais de granulovirus e múltiplo nucleopoliedrovirus de *S. frugiperda* provenientes do Banco de Entomopatógenos do Laboratório de Patologia de Insetos da Embrapa Soja (Londrina, PR). O inoculo inicial dos isolados virais foram multiplicados por meio de inoculação de superfícies em dieta artificial de Greene et al. (1976) os quais foram oferecidos a lagartas de 3º instar de *S. frugiperda*, em seguida, as lagartas com sintomas da infecção foram maceradas com água destilada, filtradas em dupla camada de musseline, e o líquido resultante da filtração foi centrifugado a 10.000 rpm por 15min a 4°C. O sobrenadante foi descartado e o pellet ressuspenso em água destilada estéril. As lagartas de *S. frugiperda* utilizadas nos experimentos foram criadas no laboratório e mantidas em dieta artificial a temperatura de 26±1°C, umidade 60±10% e fotofase de 14 horas.

Para a execução dos bioensaios inicialmente determinou-se a concentrações letais 50 e 25% dos isolados virais de SfGV e SfMNPV. Os virus foram incorporados a dieta sem anti-contaminantes quando se encontrava no processo de esfriamento a 55°C. As diluições utilizadas do SfGV foram 8,4 x 10⁸; 4,2 x 10⁸; 2,1 x 10⁸; 1,0 x 10⁸; 5,2 x 10⁷; 2,6 x 10⁷; já para SfMNPV foram 1,5 x 10⁵; 7,7 x 10⁴; 3,8 x 10⁴; 1,9 x 10⁴; 9,6 x 10³; 4,8 x 10³; 2,4 x 10³. Os corpos de oclusão (OBs) dos vírus foram quantificados com o auxílio de câmara de Neubauer espelhada, em microscópio óptico com contraste de fases. Para determinar as concentrações letais médias dos isolados foi utilizado o programa PoloPlus (LeOra Software, 2002) aplicando o modelo de Probit.

Determinadas as concentrações letais dos isolados virais o bioensaio de sobrevivência foi instalado com seis tratamentos (T1-Testemunha= Dieta artificial sem anti-contaminantes (sem formol, metil-parabeno e antibióticos), T2-SfMNPV (CL_{50}) = $2,4 \times 10^4$ OBs/mL, T3- SfMNPV (CL_{25})= $5,6 \times 10^3$ OBs/mL, T4- SfGV (CL_{5050})= $2,9 \times 10^7$ OBs/mL, T5- SfGV (CL_{25})= $9,5 \times 10^6$ OBs/mL, T6-Mix SfMNPV (CL_{25})= ($5,6 \times 10$) OBs/mL + SfGV (CL_{25})= $9,5 \times 10^6$) OBs/mL, Lagartas de *S. frugiperda* (n=60 por tratamento) foram individualizadas em recipientes plásticos de 50 mL, divididas em quatro repetições com 15 subamostras (lagartas). A alimentação com a dieta contendo os isolados virais foi realizada durante 96 horas, após este período as sobreviventes foram transferidas para dieta sem anti-contaminantes. Os insetos foram mantidos em câmaras com controle de temperatura ($26 \pm 1,5^\circ\text{C}$), fotofase de 14 h e umidade relativa ($75 \pm 10\%$). A mortalidade dos insetos com sintomas típicos de infecção por baculovírus foi registrada também após 96 h de inoculadas. O bioensaio teve duração de 14 dias, registrando-se diariamente o número de lagartas mortas e vivas, esses dados foram codificados da seguinte forma: 0- lagarta viva e 1- lagarta morta por vírus. A hipótese é que se entender a interação entre os diferentes tratamentos e a atividade dos dois tipos de vírus, poliedrose e granulose de *S. frugiperda*, permitirá potencializar o controle de pragas. Essas respostas categóricas referentes a sobrevivência e a morte das lagartas foi avaliada pelo estimador não-paramétrico de Kaplan-Meier (1958) para a função de sobrevivência e o teste de comparações dos tratamentos dois a dois pelo teste *logrank* (Mantel, 1966). O modelo para melhor entender esse processo é o que segue:

$$Y_{ijk} = m + \text{tratamentos}_i + \text{subamostras}_k + \text{tratamentos} * \text{subamostras}_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

em que, Y_{ijk} é o efeito da variável resposta tempo de sobrevivência; m é o efeito da média geral; tratamentos_i é o efeito de concentrações de doses de poliedrose e granulose nuclear; subamostras_k é o efeito da pseudorreplicação dos tratamentos; $\text{tratamentos} * \text{subamostras}_{ik}$ é o efeito da interação entre os fatores em estudo e ϵ_{ijk} é o efeito do erro aleatório com distribuição).

Os dados de mortalidade foram analisados com o programa R versão 4.2.3 (R Core Team, 2008) pelos pacotes *cmprsk*, *lattice*, *lattice Extra* e *survival*.

Resultado e Discussão

Verificou-se que os tratamentos 2-SfMNPV (CL_{50}) e 4-SfGV (CL_{50}) causaram uma taxa de mortalidade de 57,8% e 55,4%, respectivamente. Em contraste, os tratamentos 3-SfMNPV (CL_{25}) e 5-SfGV (CL_{25}) ocasionaram uma taxa de mortalidade de 26,4% e 20% (Figura 1). Ao realizar a comparação entre os tratamentos utilizando o teste de qui-quadrado, verificou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos 3-SfMNPV (CL_{25}) e 5-SfGV (CL_{25}) em relação à mortalidade observada ($p=0,06\%$), o mesmo ocorreu para os tratamentos 2-SfMNPV (CL_{50}) e 4-SfGV (CL_{50}) que apresentaram valor de $p=0,07\%$. Esses resultados indicam que esses quatro tratamentos podem ser considerados como semelhantes em termos de eficácia no controle da mortalidade das lagartas (Figura 1). Ao observar a mortalidade ocasionada pelo tratamento 6-Mix SfMNPV (CL_{25}) + SfGV (CL_{25}), constatou-se uma taxa de mortalidade de 100% dos indivíduos até o quinto dia de avaliação (Figura 1) o que indica que o método de Kaplan-Meier foi eficiente para avaliar as diferenças entre as curvas de tratamentos na sobrevivência de *S. frugiperda*. Os demais tratamentos causaram mortalidade significativamente menor para o mesmo período de tempo, sendo de 57,6% para o tratamento 2-SfMNPV (CL_{50}), 25% para o tratamento 3-SfMNPV (CL_{25}) e 6,7% para o tratamento 4-SfGV (CL_{50}), no mesmo período. A combinação de tratamentos (6-Mix SfMNPV (CL_{25}) + SfGV (CL_{25})) apresentou alta eficiência em relação a mortalidade dos indivíduos quando comparado aos outros tratamentos avaliados (Figura 1). Essa interação observada nos resultados dos bioensaios também vem sendo apontados por estudos disponíveis na literatura que indicaram que os isolados virais de *S. frugiperda* assim como de outros insetos, quando aplicados em mistura são altamente virulentos à praga e apresentam potencial para uso no manejo integrado de pragas (Valderrama et al., 2010; Toprak et al., 2012; Cuartas-Otálora et al., 2013).

Sinergismo entre os vírus de poliedrose nuclear e de granulose de *S. frugiperda*
 Data de Avaliação 06/01/2023

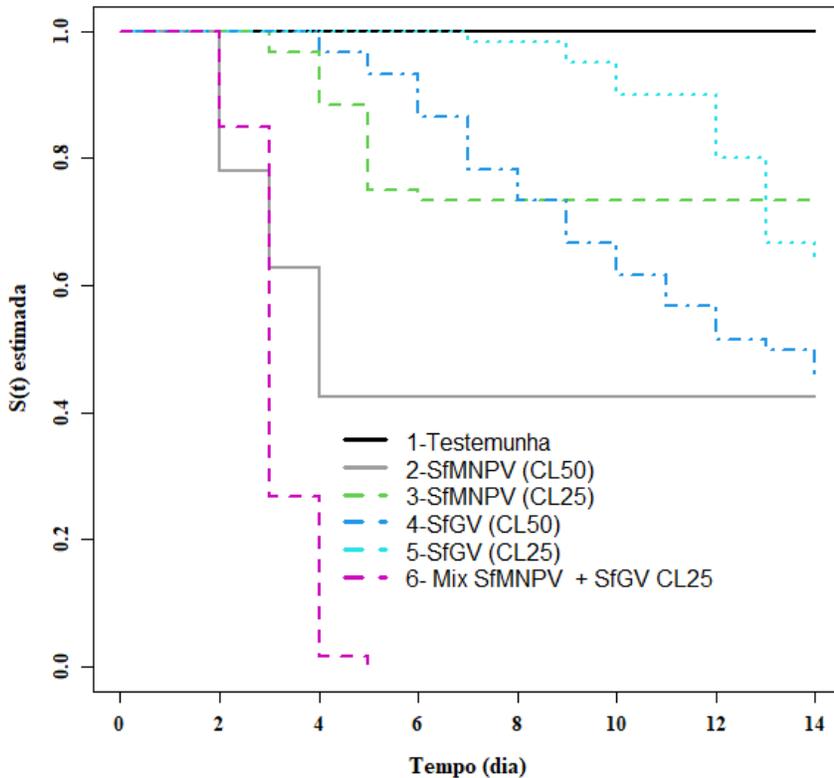


Figura 1. Sobrevivência de lagartas de *Spodoptera frugiperda* inoculadas com isolados virais de baculovirus em diferentes concentrações letais.

O teste de *logrank* (Tabela 1) indicou que existe diferença significativa pelo teste de qui-quadrado entre as curvas de sobrevivência apresentadas na Figura 1. A mortalidade no tratamento 3-SfMNPV (CL_{25}) finalizou em 6 dias, a mortalidade no tratamento 5-SfGV (CL_{25}) ocorreu até o dia 14 e no tratamento com mistura 6-Mix SfMNPV (CL_{25}) + SfGV (CL_{25}) houve mortalidade total no dia 5.

Tabela 1. Resultados do teste de *logrank* (Mantel, 1966) comparando os tratamentos.

Tratamentos	N	Valor Observado	Valor Esperado	(O-E) ² /E	(O-E) ² /V
1-Testemunha	60	0	35,5	35,511	49,414
2-SfMNPV (CL ₅₀)	60	34	21,1	7,810	9,786
3- SfMNPV (CL ₂₅)	60	16	31,2	7,440	9,972
4-SfGV (CL ₅₀)	60	33	30,5	0,203	0,272
5-SfGV (CL ₂₅)	60	22	34,0	4,255	5,833
6-[Mix SfMNPV + SfGV] (CL ₂₅)	60	60	12,6	179,391	234,381

$\chi^2 = 284$ GL=5 Pr= 2×10^{-16} O= valor observado E= valor esperado

Conclusão

A utilização combinada dos isolados CNPSo-SfMNPV 156 e CNPSo-SfGV 178 demonstrou efeito sinérgico no controle de *Spodoptera frugiperda*, causando 100% de mortalidade desses indivíduos quando comparada à aplicação isolada de cada um desses vírus.

Referências

- BARROS, E. M.; TORRES, J. B.; RUBERSON, J. R.; OLIVEIRA, M. D. Development of *Spodoptera frugiperda* on different hosts and damage to reproductive structures in cotton. **Entomologia Experimentalis at Applicata**, v.137, n. 3, p. 237-245, 2010.
- BUENO, A. de F.; BATISTELA, M. J.; BUENO, R. C. O. de F.; FRANÇA-NETO, J. de B.; NISHIKAWA, M. A. N.; LIBÉRIO FILHO, A. Effects of integrated pest management, biological control and prophylactic use of insecticides on the management and sustainability of soybean. **Crop Protection**, v. 30, p. 937-945, 2011.
- CAZADO, L. E.; MURÚA, M. G.; CASMUZ, A.; SOCÍAS, M. G.; VERA, M. T.; O'BRIEN, C. W.; GASTAMINZA, G. Geographical distribution and new host associations of *Rhyssomatus subtilis* (Coleoptera: Curculionidae) northwestern in Argentina. **The Florida Entomologist**, v. 96, n. 2, p. 663-669, 2013.
- CUARTAS-OTÁLORA, P. E.; GÓMEZ-VALDERRAMA, J. A.; RAMOS, A. E.; BARRERA-CUBILLOS, G. P.; VILLAMIZAR-RIVERO, L. F. Bio-insecticidal potential of nucleopolyhedrovirus and granulovirus mixtures to control the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Viruses**, v. 11, n. 8, p. 684, 2019.

EMBRAPA SOJA. **Soja em números (safra 2021/22)**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 11 maio 2023.

FARIAS, J. R.; ANDOW, D. A.; HORIKOSHI, R. J.; SORGATTO, R. J.; FRESIA, P.; SANTOS, A. C.; OMOTO, C. Field-evolved resistance to Cry1F maize by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Crop Protection**, v. 64, p. 150-158, 2014.

JEHLE, J. A.; BLISSARD, G. W.; BONNING, B. C.; CABRERA-OZUNA, M. D.; CORY, J. S. On the classification and nomenclature of baculoviruses: a proposal for revision. **Archives of Virology**, v. 151, p. 1257-1266, 2006.

KAPLAN, E. L.; MEIER, P. Nonparametric estimation from incomplete observations. **Journal of the American Statistical Association**, v. 53, n. 282, p. 457-481, 1958.

MANTEL, N. Evaluation of survival data and two new rank order statistics arising in its consideration. **Cancer Chemotherapy Reports**, v. 50, p. 163-170, 1966.

MARQUES, L. H.; CASTRO, B. A.; ROSSETTO, J.; SILVA, O. A. B. N.; MOSCARDINI, V. F.; ZOBIOLE, L. H. S.; SANTOS, A. C.; VALVERDE-GARCIA, P.; BABCOCK, J. M.; RULE, D. M.; FERNANDES, A. O. Efficacy of soybean's event das-81419-2 expressing Cry1F and Cry1Ac to manage key tropical lepidopteran pests under field conditions in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 109, n. 4, p. 1922-1928, 2016.

MOSCARDI, F.; SOUZA, M. L. de; CASTRO, M. E. B. de; MOSCARDI, M. L.; SZEWCZYK, B. Baculovirus pesticides: present state and future perspectives. In: AHMAD, I.; AHMAD, F.; PICHTEL, J. (ed.). **Microbes and microbial technology**. New York: Springer, 2011. p. 415-445.

MURÚA, M. G.; VERA, M. A.; HERRERO, M. I.; FOGLIATA, S. V.; MICHEL, A. Defoliation of soybean expressing Cry1Ac by lepidopteran pests. **Insects**, v. 9, n. 3, p. 93, 2018.

NARDON, A. C.; MATHIONI, S. M.; SANTOS, L. V. dos; ROSA, D. D. Primeiro registro de *Rachiplusia nu* (Guenée, 1852) (Lepidoptera: Noctuidae) sobrevivendo em soja Bt no Brasil. **Entomological Communications**, v. 3, p. ec03028, 2021.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2008. 204 p. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 22 maio 2023. ISBN 3-900051-07-0.

SILVA, G. V.; PASINI, A.; BUENO, A. de F.; BORTOLOTTO, O. C.; BARBOSA, G. C.; CRUZ, Y. K. S. No impact of Bt soybean that express Cry1Ac protein on biological traits of *Euschistus heros* (Hemiptera, Pentatomidae) and its egg parasitoid *Telenomus podisi* (Hymenoptera, Platygastridae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 58, p. 285-290, 2014.

SÓSA-GOMEZ, D. R.; ARDISSON-ARAÚJO, D. M. P.; RIBEIRO, B. Manejo de pragas com vírus entomopatogênicos. In: MEYER, M. C.; BUENO, A. de F.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da (ed.). **Bioensumos na cultura da soja**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. cap. 22. p. 377-399.

TOPRAK, U.; HARRIS, S.; BALDWIN, D.; THEILMANN, D.; GILLOTT, C.; HEGEDUS, D. D.; ERLANDSON, M. A. Role of enhancin in *Mamestra configurata* nucleopolyhedrovirus virulence: selective degradation of host peritrophic matrix proteins. **Journal of General Virology**, v. 93, n. 4, p. 744-753, 2012.

VALDERRAMA, J. A. G.; AGUDELO, E. J. G.; CUBILLOS, G. P. B.; PRADO, A. M. C.; RIVERO, L. F. V. Aislamiento, identificación y caracterización de nucleopoliedrovirus nativos de *Spodoptera frugiperda* en Colombia. **Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín**, v. 63, n. 2, p. 5511-5520, 2010.

Competição de cultivares de soja com tecnologia IPRO, em Mato Grosso, em duas épocas de semeadura

FERRARI, G. H.¹; COELHO, M. S.²; RAMOS JUNIOR, E. U.³

¹Unifasipe, Bolsista PIBIC/CNPq, Sinop, MT; ²Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Sinop;

³Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

No Brasil, a produção de soja vem apresentando grande expansão por ser a “commodity” de maior retorno econômico. O processo, iniciado no final da década de 90, deve continuar em decorrência da grande disponibilidade de terras cultiváveis, a preços competitivos, bem como o desenvolvimento de infraestrutura de produção e escoamento (Freitas, 2022). Dentre as regiões, o cerrado é a que apresenta a maior participação, sendo seu maior exemplo o estado de Mato Grosso. Nos últimos dez anos, a área cultivada aumentou mais de três milhões de hectares e projeções do IMEA (2022) apontam que, para os próximos 10 anos, deverá expandir em mais 44%.

As características do cerrado exigem o uso tecnologias modernas que, em conjunto com um regime de chuvas adequado, possibilita obter produtividades de soja que variam de 50 a 70 sacas/ha. Nessa região, a possibilidade de expansão da cultura é bastante elevada.

A região centro-oeste é responsável por quase metade da produção nacional da cultura de soja, sendo o Mato Grosso referência na produção e exportação de grãos de soja. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2023), na safra 2022/2023, o estado lidera o ranking de produção nacional com volume estimado em 151,4 milhões de toneladas de soja em grão, em uma área de 11,99 milhões de hectares.

O objetivo do presente trabalho foi o de avaliar o potencial produtivo de cultivares de soja da Embrapa, com tecnologia IPRO, em comparação com cultivares cultivadas em larga escala no estado, em duas épocas de semeadura, no Médio Norte Mato-grossense.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido durante a safra 2022/2023, na área experimental da Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop/MT, na região do Médio Norte de Mato Grosso, em LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO com as seguintes características: $\text{pH}_{\text{CaCl}_2} = 5,3$; $\text{M.O.} = 4,12 \text{ dag kg}^{-1}$; $\text{PMelich1} = 10,4 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{K} = 3,3 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $\text{Ca} = 3,84 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 2,04 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $\text{Al} + \text{H} = 4,30 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $\text{V} = 59,1\%$.

Segundo a classificação de Köppen, o estado de Mato Grosso apresenta, classificação Aw (clima tropical, com inverno seco). O clima do tipo Aw apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, com precipitação anual superior a 750 mm podendo atingir 1.800 mm, sendo nítida a ocorrência de estação seca no inverno, de maio a outubro, tendo o mês de julho como o mais seco (Embrapa Florestas, 2018).

O trabalho foi conduzido em blocos completos casualizados (DBC), com quatro repetições, em esquema fatorial de 6×2 , sendo seis cultivares BRS 1075 IPRO, BRS 7180 IPRO, BRS 7880 IPRO, BRS 7981 IPRO, CZ 37B43 IPRO, M 7739 IPRO e duas épocas de semeadura, sendo a primeira em 14/10/2022 e a segunda em 20/10/2022. A densidade de semeadura foi realizada de acordo com a recomendação indicada para cada cultivar, seguindo a população que a detentora da tecnologia recomenda. As parcelas foram constituídas por quatro linhas com cinco metros de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,50 metros. A parcela útil constituiu-se das duas 2 linhas centrais com 4 metros de comprimento, ou seja, excluindo-se 0,50 metros das extremidades da parcela útil. Para se avaliar algumas características produtivas, retirou-se cinco plantas, na área útil de cada parcela experimental. Após a avaliação, os pesos dos grãos das cinco plantas foram acrescidos ao peso da parcela útil para se avaliar a produtividade de grãos. Avaliou-se a altura de plantas, a altura da inserção da primeira vagem, o número de vagens por planta, a massa de 100 grãos e a produtividade de grãos. Para a produtividade de grãos, pesou-se a parcela útil, determinou-se a umidade e, após sua correção para 13% de umidade, base úmida, transformou-se os dados para quilogramas de soja por hectare.

O grau de maturidade relativa (GMR) das cultivares avaliadas variaram de 7.1 a 7.9 sendo a BRS7180 IPRO a mais precoce e a BRS7981 IPRO a de

ciclo mais longo. Apesar da diferença apresentada, todos os materiais são considerados precoces para a região em que foram cultivados. No melhoramento genético de cultivares de soja, as cultivares são separadas por GMR, não se comparando materiais de ciclos muito diferentes, visto que possuem características distintas, pois materiais mais tardios tem mais tempo para se desenvolverem, sendo mais estáveis e produtivos na maioria dos casos.

Resultado e Discussão

A Tabela 1 apresenta os resultados referentes à altura de plantas e altura de inserção da primeira vagem de cultivares de soja, cultivadas em duas épocas, no município de Sinop, MT, na safra de 2022/2023.

Tabela 1. Altura de plantas e altura de inserção da primeira vagem de cultivares de soja, em duas épocas de semeadura. Sinop, MT, 2023.

Genótipos	Altura de plantas		Altura da inserção da 1ª vagem	
	1ª época	2ª época	1ª época	2ª época
	----- (cm) -----		----- (cm) -----	
BRS 1075 IPRO	64,7 bA	56,3 bB	11 bA	9 aA
BRS 7180 IPRO	42,0 cA	39,7 cA	9 bA	9 aA
BRS 7881 IPRO	61,3 bA	60,3 aA	10 bA	7 bB
BRS 7981 IPRO	74,7 aA	65,0 aB	8 bB	12 aA
CZ 37B43 IPRO	76,7 aA	55,0 bB	12 bA	5 bB
M7739 IPRO	58,0 bA	44,0 cB	18 aA	12 aB
Média	58,1		10,2	
C.V. (5%)	5,3		20,3	

Letras iguais, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Pelos resultados observados, todas as cultivares obtiveram resultados satisfatórios, exceto a cultivar BRS7180 IPRO (42cm) na primeira época, que apresentou baixa altura de plantas e a M7739 na segunda época (44cm). Plantas com altura entre 0,55 e 1,0 m são consideradas adequadas as condições de cultivo de soja pois permitem produzir quantidade satisfatória de nós e, nestes, quantidades satisfatórias de vagens. São alturas que facilitam a colheita mecanizada e normalmente mantêm as plantas eretas. Plantas muito baixas ou muito altas, por sua vez, não são interessantes ao agricultor, por

produzirem aquém das expectativas, dificultarem a colheita ou apresentarem problema de acamamento. Conforme citado por Aguilá et al. (2011), a altura de plantas é considerada uma característica importante a ser observada tendo em vista sua relação com a produtividade, controle de plantas daninhas, acamamento e colheita mecânica, tendo em vista que plantas baixas favorecem a formação de vagens com altura de inserção também baixa, o que prejudica a colheita mecânica (Doná et al., 2019).

Desse modo, as cultivares de maior porte na primeira época foram as BRS 7981 IPRO e CZ 37B43 IPRO e a de menor porte foi a BRS7180 IPRO. Já na segunda época, CZ 37B43 IPRO reduziu sua altura em mais de vinte centímetros, enquanto que as demais reduziram menos de 10 centímetros. Para a segunda época, as cultivares que apresentaram maior altura foram BRS7881 IPRO e BRS7981 IPRO e as de menor altura BRS7180 IPRO e M7739 IPRO. Quanto às épocas, houve diferença significativa para todos os tratamentos, exceto BRS7881 IPRO e BRS7981 IPRO, sendo que na segunda época a altura foi sempre menor que na primeira.

Em relação à altura de inserção da primeira vagem (INS), observou-se que todas as cultivares testadas apresentaram valores satisfatórios, exceto M7739 IPRO na primeira época, com valores superiores a 15 centímetros, diferenciando-se das demais. Na segunda época, as cultivares BRS7881 e CZ37B43 IPRO apresentaram valores menores que as demais cultivares, com valores de 7 e 5 centímetros, respectivamente. Dentre as épocas, todas as cultivares apresentaram diferenças, exceto BRS1075 IPRO e BRS7180 IPRO, que apresentaram valores semelhantes nas duas épocas. BRS7981 IPRO foi a única das cultivares que apresentou INS maior na segunda época em relação a primeira. Todas as demais cultivares apresentaram redução de INS na segunda época, assim como de altura de plantas. Ao mesmo tempo que uma inserção de vagens muito baixa pode prejudicar a colheita, alturas de inserção muito altas podem ser também um problema, podendo em alguns casos, causar perda de potencial produtivo. Nesse sentido, cultivares que apresentem alturas de inserção de vagens entre 7 e 15 centímetros teriam uma melhor distribuição de vagens ao longo da haste, proporcionando melhores resultados. Segundo Almeida et al. (2011), as plantas que apresentam maior altura de inserção da primeira vagem têm o processo de colheita facilitado, sendo que para a maioria das condições das lavouras de soja, a altura satisfatória está em torno de 15 cm.

A Tabela 2 apresenta os resultados para número de vagens por planta, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de soja. Para as características vagens por planta e massa de 100 grãos, observou-se diferenças apenas entre as cultivares, não tendo sido observadas diferenças significativas para épocas ou a interação entre os fatores. Já para a produtividade de grãos, não houve diferenças para nenhum dos fatores testados, sendo apresentado os resultados médios gerais, das duas safras.

Tabela 2. Número de vagens por planta, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de soja. Sinop, MT, 2023.

Cultivares	Vagens por planta (n°)	Massa de 100 grãos (g)	Prod. de grãos (kg ha ⁻¹)
BRS 1075 IPRO	39,83 b	18,8 b	4.187
BRS 7180 IPRO	32,52 b	17,0 c	3.992
BRS 7881 IPRO	48,77 a	15,2 c	4.296
BRS 7981 IPRO	43,27 a	19,5 b	3.851
CZ 37B43 IPRO	36,25 b	19,7 b	4.317
M7739 IPRO	33,63 b	21,3 a	4.054
Média	39,04	18,58	4116
C.V. (%)	20,14*	9,52*	9,69 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Para a produtividade de grãos, como não houve diferenças para nenhum dos fatores avaliados, apresentou-se os resultados médios das duas safras.

Para o número de vagens por planta, observou-se que as cultivares BRS7881 IPRO e BRS7981 IPRO apresentaram valores superiores às demais cultivares avaliadas, sendo de 33 e 50% em relação a BRS7180 IPRO (32,52), que foi a que produziu menor número de vagens por planta, respectivamente. Em relação a BRS 1075 IPRO, que foi, dentre as que produziram menos vagens, a de maior número (39,83), produziram 8 e 22%, respectivamente. Em relação a massa de 100 grãos, houve a diferenciação em três diferentes conjuntos. A cultivar que apresentou a maior massa de grãos foi a M7739 IPRO, com 21,3g, sendo um valor bastante alto entre as cultivares existentes no mercado. O segundo conjunto foi intermediário, composto pela BRS1075 IPRO, BRS7981 IPRO e CZ37B43 IPRO, com média de 19,33 g. Já o conjunto com as menores massas foram BRS7180 IPRO e BRS 7881 IPRO, com média de 16,1g. Independentemente dos resultados, todos eles estão dentro dos padrões comerciais de produção e são intrínsecos de sua genética. Tais

resultados são importantes para se ter um parâmetro produtivo e para se tentar identificar quais os fatores que interferiram no resultado principal, que é a produtividade de grãos. Quanto à produtividade de grãos, não foi possível identificar diferenças entre as cultivares, provavelmente pelo fato de que as cultivares com maior número de vagens apresentaram menor massa de 100 grãos e vice versa, chegando-se a produtividades finais muito próximas, não sendo possível diferenciá-las estatisticamente. A média de produtividade das seis cultivares testadas ficou em 68,6 sacas por hectare, valor acima da média do Estado, que foi de 62,28 sacas por hectare (IMEA, 2023).

Conclusão

As cultivares transgênicas da Embrapa de GMR 7.1 a 7.9 são tão produtivos quanto as cultivares mais cultivadas na região. Não havendo diferenças entre elas, em um ano de cultivo sem grandes anormalidades climáticas, cultivares de ciclos menores podem ser uma boa opção para o produtor visando o cultivo da segunda safra de milho.

Referências

- AGUILA, L. S. H. del; AGUILA, J. S. del; THEISEN, G. **Perdas na colheita na cultura da soja**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011. 12 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado técnico, 271).
- ALMEIDA, R. D. de; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S. Divergência genética entre cultivares de soja, sob condições de várzea irrigada, no sul do estado Tocantins. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 1, p. 108-115, 2011. DOI: 10.1590/S1806-66902011000100014.
- CONAB. **Boletim da safra de grãos**: 8º levantamento - safra 2022/23. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 23 maio 2023.
- DONÁ, S.; KANTHACK, R. A. D.; CAÇÃO, M. M. de F. R.; SANTOS, G. X. L. dos; CORDEIRO JUNIOR, P. S.; NAKAYAMA, F. T.; FINOTO, E. L.; LEÃO, P. C. da L. Desempenho agrônômico de cultivares de soja no Vale do Paranapanema, safras 2017/18 e 2018/19. **Nucleus**, edição especial, p. 63-76, 2019. DOI: 10.3738/1982.2278.3626.
- EMBRAPA FLORESTAS. **Clima**. 2018. Disponível: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>. Acesso em: 26 abr. 2023.
- FREITAS, R. E. **Expansão de área agrícola no Brasil segundo as lavouras temporárias**. Brasília, DF: IPEA, 2022. 35 p. (IPEA. Texto para discussão, 2796). Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/11468>. Acesso em: 23 maio 2023.

IMEA - INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA. **Boletim semanal - soja**: 17 fev. 2023, n. 737. Cuiabá, 2023. Disponível em: <https://imea.com.br/imea-site/arquivo-externo?categoria=relatorio-de-mercado&arquivo=bs-soja&numeropublicacao=737>. Acesso em: 23 maio 2023.

IMEA - INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA. **Outlook 2032**: Projeções do agronegócio em Mato Grosso de 2022 a 2032. Cuiabá, 2022. Disponível em: <https://assets.revistacultivar.com.br/6d585f85-20d2-4333-be53-d492c2fd830d.pdf>. Acesso em: 23 maio 2023.

Fertilidade física do solo em diferentes fases de um sistema de integração lavoura-pecuária na região Noroeste do Paraná

GOUVEA, R. A.¹; EL-KADRE, H. V.¹; HANDA, T.²; SILVA, M. G.²; SARTORI, A. A. C.²; NUNES, E. S.³; DEBIASI, H.⁴; FRANCHINI, J. C.⁴; SANTOS, E. L. dos⁵

¹UNIFIL, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR., ²Bolsista ITAIPU/FAPED, Londrina, PR., ³Gerente Técnico ILPF, Cocamar Cooperativa Agroindustrial, Maringá, PR; ⁴Embrapa Soja, Londrina, PR; ⁵Centro Universitário Assis Gurgacz - FAG, Cascavel, PR.

Introdução

A utilização de áreas ocupadas por pastagens perenes para a produção de grãos, como a soja e eventualmente milho, tem sido uma realidade na região Noroeste do Paraná, na última década. No entanto, a produção de grãos de forma exclusiva acarreta grande risco para a atividade agrícola, pois a maior parte das áreas de expansão de agricultura estão em áreas com solo de textura arenosa, com teores de argila menores do que 15% (Franchini et al., 2016a, 2016b). Nessas condições, o solo apresenta baixa capacidade de retenção de água, baixos teores de matéria orgânica e nutrientes, além de apresentar alta suscetibilidade à erosão, principalmente em áreas com declividade maior que 10% (Franchini et al., 2011).

Associado às limitações do solo, o clima regional também é desfavorável às culturas anuais, devido às baixas altitudes e altas temperaturas. Isso eleva a demanda evaporativa da atmosfera e conseqüentemente a evapotranspiração das culturas. Portanto, dois fatores negativos ao cultivo de espécies graníferas convergem nessa situação: o solo retém pouca água e o seu consumo é alto. A alta temperatura e a textura arenosa também contribuem para o aumento da taxa de decomposição da matéria orgânica do solo, reduzindo o impacto de práticas de manejo, como o plantio direto, sobre o aumento do estoque de carbono em sistemas de produção envolvendo as culturas graníferas. Diminui também, a regulação térmica da palhada na superfície e a melhoria da estrutura do solo para armazenamento de água e aprofundamento do sistema radicular das culturas (Franchini et al., 2009).

Portanto, a sustentabilidade do sistema de produção envolvendo espécies graníferas, nessa região, deve ser pautada na necessidade de utilizar siste-

mas que apresentem maior potencial de produção e conservação de biomassa vegetal. O que quer dizer, promover acúmulo de matéria orgânica no solo, melhorando a sua estrutura, aumentando a sua capacidade de troca de cátions (CTC) e melhorando a sua capacidade de retenção de água (Franchini et al., 2016a, 2016b).

Os sistemas de integração lavoura-pecuária (SILP) podem conferir vários benefícios econômicos e ambientais, especialmente devido à sinergia do cultivo de espécies gramíneas (pastagens) com espécies leguminosas – no caso a soja. A inserção da soja de forma integrada com pastagens em regiões com solos arenosos pode ser uma grande oportunidade para otimizar o uso dessas áreas (Franchini et al., 2016a, 2016b; Balbinot Junior et al., 2018). Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a fertilidade física do solo em diferentes fases de um sistema de integração em Iporã, na Região Noroeste do Estado do Paraná.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado na Unidade de Difusão de Tecnologia de Integração Lavoura Pecuária Floresta (UDT-ILPF) da Cooperativa Cocamar Agroindustrial, no município de Iporã, PR (-53.7501; -23.9992), localizado na Região Noroeste do Estado do Paraná. A UDT-ILPF tem uma área aproximada de 70 ha e foi subdividida em 4 áreas menores, variando entre 11 e 13 ha, onde foram estabelecidas diferentes fases de um sistema de integração lavoura pecuária (SILP). O SILP, está configurado de forma a contemplar o cultivo de espécies graníferas (soja e milho) em 25% da área e pastagem permanente com forrageiras tropicais em 75% da área a cada ano. A espécie forrageira utilizada nos módulos de pastagem foi a *Urochloa brizantha* cv. Piatã. Na safra 2021/2022, uma parte do módulo de lavoura foi cultivado com soja e a outra parte cultivada com milho + *Urochloa ruzizienses*, sendo o milho cortado verde para silagem em dezembro de 2021, permanecendo a forrageira na área para pastejo. A soja foi colhida em 10/03/2022. A área amostrada foi composta por 50 pontos distribuídos de forma equidistante a cada 100 metros (Figura 1), contemplando as quatro fases do sistema de integração, considerando as modalidades existentes na área na época da avaliação (21 a 25 de março de 2022) conforme a Tabela 1.

Foto: Julio Cezar Franchini

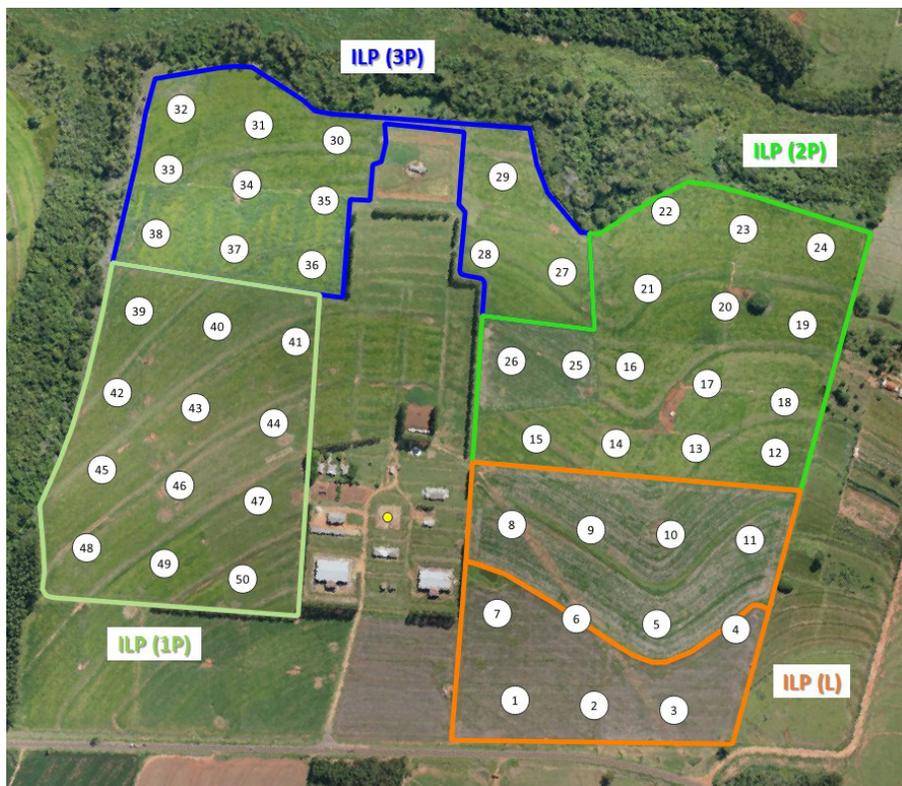


Figura 1. Imagem aérea da UDT da Cocamar (março/2022) indicando as quatro fases do sistema integração (ILP) e os pontos de amostragem em cada sistema. (L) = Lavoura; (1P) = pasto de primeiro ano de implantação; (2P) = pasto de segundo ano de implantação; (3P) = pasto de terceiro ano de implantação.

Tabela 1. Diferentes fases de um sistema de integração na Região Noroeste do Estado do Paraná.

SISTEMA	2018/2019	2019/2020	2020/2021	2021/2022
ILP (L)	PASTO	PASTO	PASTO	PASTO/SOJA
ILP (P1)	PASTO	PASTO	PASTO/SOJA	PASTO
ILP (P2)	PASTO	PASTO/SOJA	PASTO	PASTO
ILP (P3)	PASTO/SOJA	PASTO	PASTO	PASTO

(L) = Lavoura; (1P) = pasto de primeiro ano de implantação; (2P) = pasto de segundo ano de implantação; (3P) = pasto de terceiro ano de implantação.

Amostras de solo foram coletadas com auxílio de trado holandês, nas profundidades de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 metros. Nessas amostras foram realizadas análises químicas e de textura. Os teores de argila foram de 9,8% na camada de 0,0-0,2 e de 16,1 na camada de 0,2-0,4 metros, caracterizando o Argissolo Vermelho típico da região do estudo. Os teores de P e K na camada de 0,0-0,2 m foram de 50 mg dm^{-3} e $0.18 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e foram classificados como alto e adequado respectivamente, considerando a classe textural. A saturação por bases média, na camada de 0,0-0,2 m, foi de 43%, indicando a necessidade de calagem. O teor médio de matéria orgânica de 1% representa o valor típico para este tipo de solo, nesta região, sendo considerado baixo.

A fertilidade física do solo foi determinada por meio do índice de qualidade estrutural do solo (IQES), pelo Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo - DRES (Ralisch et al., 2017) e pela taxa de infiltração estável de água no solo (TIE), com o uso do infiltrômetro de Cornell (Serrato et al., 2019), nos 50 pontos georreferenciados.

Para comparação entre as médias das quatro fases do sistema de integração, foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney (teste U), a 5% de probabilidade de erro.

Resultados e Discussão

Na Figura 2 são apresentados os resultados do IQES na camada de 0-0,25 m utilizando a metodologia do DRES. Os resultados indicaram que houve um aumento no valor do IQES à medida em que aumentou o número de anos de pastagem nos SILPs. Por outro lado, a área que recebeu o cultivo da soja e do milho apresentou o menor valor de IQES. As imagens das amostras retiradas da camada superficial do solo ilustram bem a alteração das feições das estruturas das amostras, associadas com as diferentes fases dos SILPs (Figura 3). A introdução das culturas graníferas proporcionou um aumento na proporção de agregados de tamanho maior que 7 cm, ao mesmo tempo em que aumentou também a proporção de solo pulverizado. Essa mudança na estrutura, com apenas um ano de uso de culturas graníferas, ilustra o grau de fragilidade dos solos derivados de rochas sedimentares, como é o caso do Arenito Caiuá. Por outro lado, com o aumento do número de anos sob pastagem permanente, observa-se uma diminuição gradativa da proporção de

agregados maiores que 7 cm e o aumento da proporção de agregados com tamanho entre 1 e 4 cm, considerados os mais importantes do ponto de vista da funcionalidade do solo, particularmente em relação ao armazenamento de água e ao crescimento radicular. Esses resultados concordam com aqueles obtidos por Debiassi et al. (2022) utilizando a mesma metodologia.

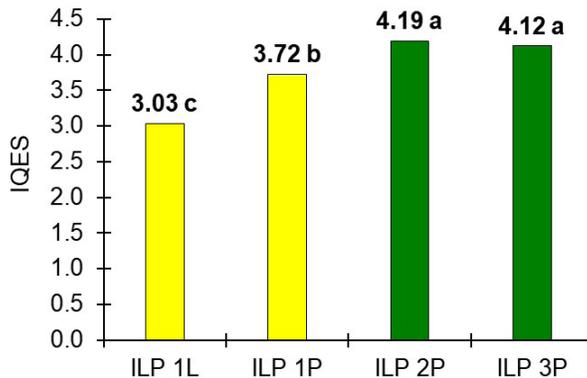


Figura 2. Índice de qualidade estrutural do solo (IQES) em diferentes fases do sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) na UDT da Cocamar em Iporã, na região noroeste do Paraná. (1L) = Lavoura; (1P) = pasto de primeiro ano de implantação; (2P) = pasto de segundo ano de implantação; (3P) = pasto de terceiro ano de implantação.

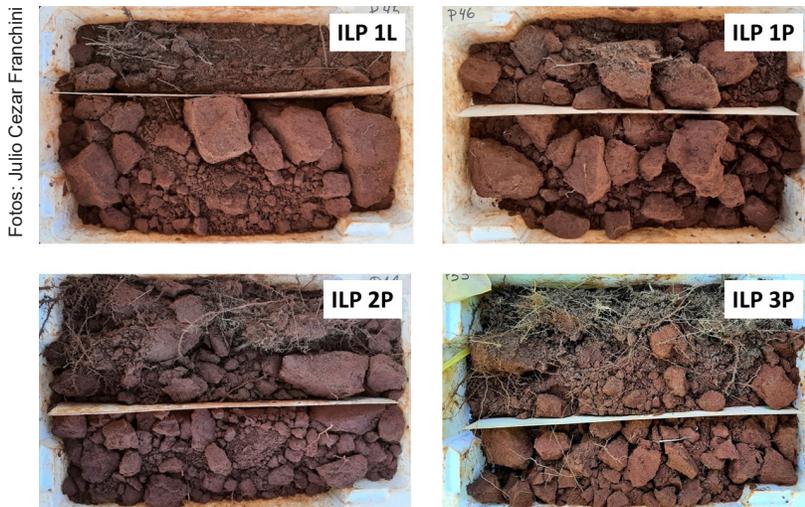


Figura 3. Imagens representativas do índice de qualidade estrutural do solo (IQES) em diferentes fases do sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) na UDT da Cocamar em Iporã, na região noroeste do Paraná. (1L) = Lavoura; (1P) = pasto de primeiro ano de implantação; (2P) = pasto de segundo ano de implantação; (3P) = pasto de terceiro ano de implantação.

A taxa de infiltração estável (TIE), por sua vez teve um comportamento diferente daquele observado para o IQES (Figura 4), quando se considera a área cultivada com a soja e o milho. Observa-se que houve um aumento considerável da TIE nesta fase do SILP (ILP L1), quando comparado com as fases com anos crescentes de pastagem (ILP 1P; ILP 2P; ILP 3P). Esse comportamento pode estar associado com a perda da qualidade da estrutura, como comprovado pelo menor IQES. A menor qualidade da estrutura, pode estar associada com a menor produção de raízes pelas culturas graníferas, que, por sua vez também ocupariam menor proporção relativa do espaço poroso do solo, resultando em maior fluxo de água, conforme comprovado pelo aumento da TIE. Por outro lado, quando consideradas as fases com pastagem, houve um aumento no valor da TIE à medida em que aumentou o número de anos de pastagem nos SILPs, indicando que com o passar dos anos a forrageira tropical vai aumentando a qualidade da estrutura do solo, refletindo em aumento da TIE. No entanto, apesar da melhoria na qualidade da estrutura, indicada pelo IQES, a redução da TIE indicou que as raízes da forrageira tropical estariam ocupando os espaços porosos, principalmente os macroporos e, com isto, haveria a redução da TIE. Silva et al. (2018) observaram aumento da TIE com a introdução de forrageiras tropicais em sistema de produção de soja, porém as avaliações foram realizadas após a dessecação destas espécies e o plantio da soja, momento no qual as raízes já haviam sido parcialmente decompostas e o poros estariam livres para o fluxo de água. Esse comportamento pode ser extremamente interessante do ponto de vista da eficiência de uso da água em ambientes de solos arenosos derivados de rochas sedimentares, como os solos do Arenito Caiuá, uma vez que estes, tendem a apresentar uma drenagem muito rápida, associada à menor retenção de água na zona de crescimento das raízes, tanto das espécies forrageiras quanto das graníferas.

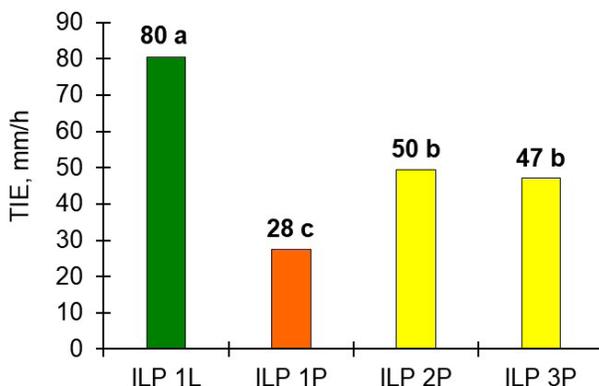


Figura 4. Taxa e infiltração estável (TIE) em diferentes fases do sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) na UDT da Cocamar em Iporã, na região noroeste do Paraná. (1L) = Lavoura; (1P) = pasto de primeiro ano de implantação; (2P) = pasto de segundo ano de implantação; (3P) = pasto de terceiro ano de implantação.

Conclusão

As forrageiras tropicais presentes durante a fase de pastagem de sistemas de integração lavoura-pecuária demonstraram ter um papel importante para a modelar a estrutura e o fluxo de água em solos arenosos frágeis derivados de rochas sedimentares no Arenito Caiuá. Os impactos observados nos indicadores físicos avaliados, demonstraram que no ambiente de produção da região noroeste do Paraná, deve predominar o uso de pastagens por períodos superiores a dois anos, visando reduzir a degradação da estrutura do solo pelo cultivo de culturas graníferas.

Referências

BALBINOT JUNIOR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H. Lavoura-pecuária. **Cultivar**: grandes culturas, v. 19, n. 233, p. 28-30, 2018.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; SANTOS, E. L. dos; CECATTO, S. el K.; CONTE, O.; NUNES, E. da S.; FURLANETTO, R. H. Metodologia para avaliação da qualidade do manejo e da fertilidade do solo de sistemas de produção de grãos, em escala regional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 9., 2022, Foz do iguaçu, PR. **Desafios para a produtividade sustentável no Mercosul**: resumos. Brasília, DF: Embrapa, 2022. resumo 25. p. 42.

- FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; SACOMAN, A.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B. **Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca**. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 39 p. (Embrapa Soja. Documentos, 314).
- FRANCHINI, J. C.; FORMIGHIERI, A. C. P.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; TEIXEIRA, L. C. **Integração lavoura-pecuária no Noroeste do Paraná**: um caso de sucesso. Londrina: Embrapa Soja, 2016a. 9 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 123).
- FRANCHINI, J. C.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; SICHIERI, F.; PADULLA, R.; DEBIASI, H.; MARTINS, S. S. **Integração lavoura-pecuária-floresta na região noroeste do Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 14 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 86).
- FRANCHINI, J. C.; VELIINI, C. L.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; WATANABE, R. H. **Integração lavoura-pecuária em solo arenoso e clima quente**: duas décadas de experiência. Londrina: Embrapa Soja, 2016b. 11 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 118).
- RALISCH, R.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; TOMAZI, M.; HERNANI, L. C.; MELO, A. da S.; SANTI, A.; MARTINS, A. L. da S.; BONA, F. D. de. **Diagnóstico rápido da estrutura do solo - DRES**. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 63 p. (Embrapa Soja. Documentos, 390).
- SERRATO, C. D.; FRANCHINI, J. C.; SERRATO, F. R.; DEBIASI, H.; SANTOS, E. L. dos; CONTE, O.; MORALES NETO, S.; BRISCHILIARI, V. **Infiltrômetro de aspersão de Cornell aperfeiçoado**: aspectos construtivos, operacionais e de manutenção. Londrina: Embrapa Soja, 2019. 66 p. (Embrapa Soja. Documentos, 424).
- SILVA, R. V.; SANTOS, E. L.; PEREIRA, G. S.; HASS, I. J.; FURLANETTO, R. H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Infiltração de água no solo em diferentes sistemas de manejo na região norte do Paraná. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 13., 2018, Londrina. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2018. p. 188-194.

Fertilidade física do solo e produtividade da soja em resposta a modelos de produção diversificados no Oeste do Paraná

EL-KADRE, H. V.¹; GOUVEA, R. A.¹; HANDA, T.²; SILVA, M. G.²; SARTORI, A. A. C.²; FRANCHINI, J. C.³; BALBINOT JUNIOR, A. A.³; SANTOS, E. L. dos⁴; MADALOSSO, T.⁵; ROY, J. M. T.⁵; TONINI, V.⁵; DEBIASI, H.³

¹UNIFIL, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR; ²Bolsista ITAIPU/FAPED, Londrina, PR; ³Pesquisador, Embrapa Soja; ⁴Centro Universitário Assis Gurgacz - FAG, Cascavel, PR; ⁵ Pesquisador, Centro de Pesquisa Agrícola Copacol, Cafelândia, PR.

Introdução

A fertilidade integral do solo, resultante das interações entre os seus atributos físicos, químicos e biológicos, determina em grande parte a disponibilidade e a eficiência de uso da água e dos nutrientes pelas plantas, influenciando assim a produtividade e a estabilidade de produção das culturas em resposta à ocorrência de estresses abióticos, como a seca. O sistema plantio direto (SPD), quando corretamente implantado e manejado, sobretudo no que se refere ao atendimento de suas premissas (mínimo revolvimento, cobertura permanente do solo e adoção de modelos de produção com elevada diversidade de culturas e aporte de palha e raízes) é uma das chaves para a construção da fertilidade integral do solo (Debiasi et al., 2022). Nesse contexto, é o modelo de produção que compreende o arranjo temporal e espacial das espécies vegetais e animais que compõem os sistemas de produção (Denardin; Kochhann, 2006). Em um modelo de produção, as estratégias para a diversificação de espécies vegetais envolvem o uso de rotação, sucessão e consorciação de culturas.

O modelo de produção de grãos predominante nas regiões oeste e centro-oeste do Paraná envolve a sucessão soja-milho 2ª safra. Nessas regiões, conforme as estatísticas do DERAL (Paraná, 2023), 65% da área cultivada com soja no verão é ocupada por milho no outono-inverno. A utilização contínua da sucessão soja-milho 2ª safra confere baixa diversidade biológica e aporte insuficiente de palha e raízes, resultando em baixa cobertura do solo na semeadura da soja e, em médio prazo, na degradação física e biológica do solo (Debiasi et al., 2021). Isso reduz a produtividade de grãos sobretudo em safras com déficit hídrico, além de aumentar custos de produção e perdas de água e solo por erosão hídrica (Garbelini et al., 2020; Debiasi et al., 2021).

O presente trabalho parte da hipótese de que a diversificação de espécies vegetais no modelo soja-milho 2ª safra, por meio da consorciação ou sucessão com culturas de cobertura do solo ou para produção de grãos, melhora a fertilidade física do solo, aumentando a produtividade de soja, sobretudo em safras com deficiência hídrica. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto de diferentes modelos de produção na qualidade estrutural do solo e na produtividade de grãos da soja, na região oeste do Paraná.

Material e métodos

O experimento foi conduzido por três safras (2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023), no Centro de Pesquisa Agrícola Copacol, localizado no município de Cafelândia, PR (24° 37' 13" S, 53° 18' 14" O e altitude de 581 m). O clima é descrito como subtropical (Cfa), de acordo com a classificação de Köppen. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (Santos et al., 2018), de textura muito argilosa, com teores médios de 770 g kg⁻¹ de argila, 131 g kg⁻¹ silte e 99 g kg⁻¹ de areia na camada de 0-0,4 m. A caracterização inicial do solo apontou os seguintes atributos químicos médios na camada de 0-0,2 m: pH CaCl₂ = 5,1; H+Al (SMP) = 4,16 cmol_c dm⁻³; carbono orgânico total (Walkley-Black) = 18,6 g kg⁻¹; P (Mehlich-1) = 19 mg dm⁻³; K⁺ (Mehlich-1) = 0,46 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ (KCl) = 3,91 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ (KCl) = 1,56 cmol_c dm⁻³; Al³⁺ = 0,09 cmol_c dm⁻³; CTC pH 7,0 = 10,08 cmol_c dm⁻³; e saturação por bases (V%) = 58%. Até a implantação do experimento, a área experimental vinha sendo conduzida sob a sucessão soja-milho 2ª safra, em plantio direto desde 2015.

O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, com quatro repetições e parcelas de 150 m² de área total (5 x 30 m). Os tratamentos envolveram seis modelos de produção estabelecidos a partir do período de outono-inverno de 2020: M1 = sucessão milho 2ª safra/soja; M2 = milho 2ª safra-trigo 3ª safra-soja (2020/2021)/milho 2ª safra-soja (2021/2022)/milho 2ª safra-trigo 3ª safra-soja (2022/2023); M3 = milho 2ª safra-aveia preta cobertura-soja (2020/2021)/trigo-soja (2021/2022)/milho 2ª safra-aveia preta cobertura-soja (2022/2023); M4 = sucessão milho + braquiária ruziziensis-soja; M5 = sucessão trigo-soja; M6 = aveia-branca grão-soja (2020/2021)/aveia-preta cobertura-soja (2021/2022)/aveia-preta cobertura-soja (2022/2023). Nos tratamentos M2 e M3, o trigo 3ª safra e a aveia preta para cobertura foram cul-

tivados no período entre a colheita do milho 2ª safra e a semeadura da soja, constituindo-se em uma terceira cultura no mesmo ano agrícola.

A soja foi semeada em 07/10/2020, 06/10/2021 e 17/10/2022, com o uso das cultivares M 5705 IPRO, BMX Lança e BMX Zeus, respectivamente, por meio de semeadora-adubadora tratorizada com linhas espaçadas 0,50 m entre si, regulada para uma população de aproximadamente 300.000 plantas por hectare. As sementes foram tratadas com piraclostrobina (2,5 g i.a 100 kg⁻¹ de sementes), tiofanato metílico (22,5 g i.a 100 kg⁻¹ de sementes), fipronil (25 g i.a 100 kg⁻¹ de sementes) e inoculante líquido contendo *Bradyrhizobium elkanii*. A adubação de base, aplicada no sulco de semeadura 0,05 m abaixo das sementes, constou de 310 kg ha⁻¹ de NPK 04-24-16 na safra 2020/2021 e 300 kg ha⁻¹ de NPK 02-20-18 nas safras 2021/2022 e 2022/2023. Os demais tratamentos culturais, incluindo o controle de pragas, doenças e plantas daninhas, foram realizados conforme as indicações técnicas para a cultura da soja na região (Seixas et al., 2020). Durante a safra 2019/2020, após a avaliação inicial dos atributos químicos e físicos do solo e antes do estabelecimento dos tratamentos, a área experimental foi cultivada com soja.

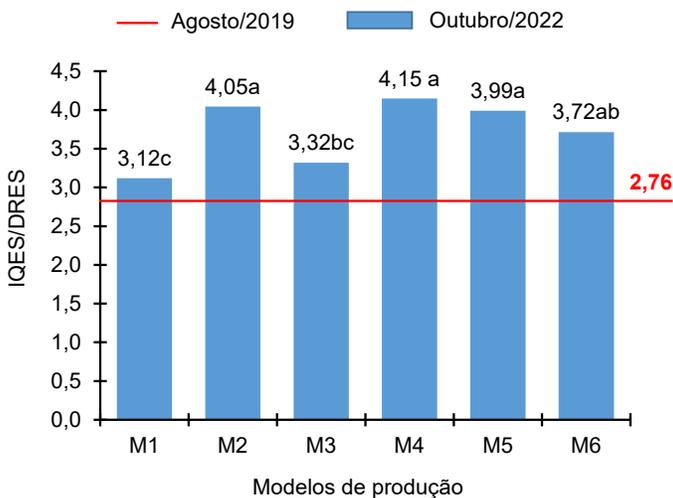
A avaliação da fertilidade física do solo foi realizada em duas épocas, antes da implantação dos tratamentos (agosto/2019) e em outubro/2022 (após três safras de outono-inverno e duas de verão), utilizando-se o índice de qualidade estrutural do solo (IQES) determinado pelo diagnóstico rápido da estrutura do solo (DRES) (Ralisch et al., 2017). Em agosto/2019, o IQES foi determinado em 18 amostras de solo coletadas aleatoriamente na área experimental. Na amostragem de outubro/2022, realizada cerca de sete dias antes da semeadura da soja safra 2022/2023, o IQES foi quantificado em dois pontos por parcela, totalizando oito amostras por tratamento. A produtividade foi determinada pela colheita mecânica (colhedora de parcelas) dos grãos da área útil da parcela (1,5 x 24 m), sendo os valores corrigidos para 13% de umidade e extrapolados para kg ha⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste F ($p \leq 0,05$). Quando constatado efeito significativo dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste t (LSD) ($p \leq 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do programa Sisvar (Ferreira, 2008).

Resultados e Discussão

Antes da implantação dos tratamentos, em agosto/2019, o IQES médio da área experimental foi de 2,76 (Figura 1), valor que, de acordo com os critérios do DRES (Ralisch et al., 2017), indica qualidade estrutural ruim, com alta probabilidade de limitar a produtividade das culturas. Após 38 meses (outubro/2022), todos os modelos de produção aumentaram o IQES, que passou a ser qualificado como regular (M1, M3 e M6) ou bom (M2 e M4), indicando melhoria da fertilidade física do solo. Comparando os tratamentos entre si, verificou-se que todos os modelos de produção, à exceção do M3, resultaram em IQES significativamente maior do que a sucessão milho 2ª safra/soja, predominante na região oeste paranaense. Os maiores valores foram observados nos modelos M4 (consorciação do milho 2ª safra com braquiária *ruziziensis* nas três safras), M2 (cultivo do trigo na 3ª safra em dois dos três períodos de outono-inverno avaliados) e M5 (sucessão trigo/soja). O tratamento M6, caracterizado pela sucessão aveia (branca para grãos ou preta para cobertura do solo) /soja, resultou em valores intermediários de IQES, não diferindo dos melhores tratamentos e do modelo M3. A Figura 2 apresenta amostras de solo representativas de cada um dos modelos de produção e da avaliação inicial da área, demonstrando visualmente a melhoria da qualidade estrutural do solo proporcionado pelos modelos M2, M4, M5 e M6 em relação à sucessão milho 2ª safra/soja, o que foi mais evidente na camada mais profunda das amostras (0,08-0,25 m).

Em geral, os dados anteriormente apresentados indicam que pequenas modificações no modelo de produção predominante na região (M1-sucessão milho 2ª safra-soja), como a inclusão da braquiária *ruziziensis* em consórcio e do trigo e da aveia em rotação ou sucessão ao milho 2ª safra, melhoram a qualidade estrutural do solo, proporcionando assim melhores condições físicas de solos para o crescimento da soja. Esses resultados podem ser atribuídos ao maior aporte de biomassa vegetal (palha e raízes) ao solo, o que contribui para a formação e estabilização de agregados estáveis e porosos, bem como para a construção de bioporos contínuos com alta eficiência no armazenamento e condução de água e ar para as raízes (Oades, 1993; Bertolo et al., 2021; Debiasi et al., 2021). Os bioporos também se constituem em caminhos preferenciais para o crescimento das raízes, reduzindo o efeito negativo de camadas compactadas sobre o alongamento radicular (Moraes; Gusmão, 2021).

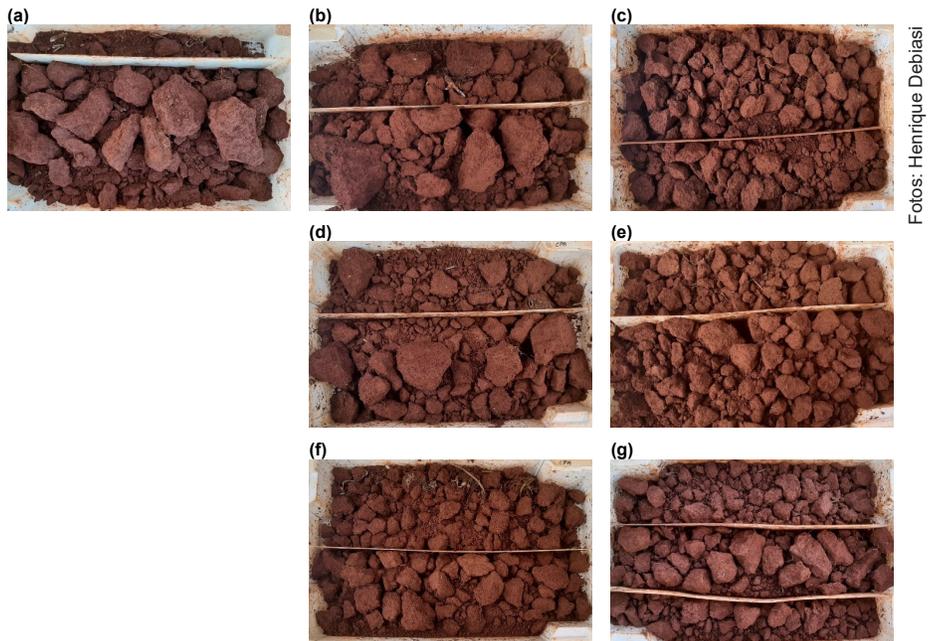


M1 = sucessão soja-milho 2ª safra; M2 = milho 2ª safra-trigo 3ª safra-soja (2020/2021)/milho 2ª safra-soja (2021/2022)/milho 2ª safra-trigo 3ª safra-soja (2022/2023); M3 = milho 2ª safra-aveia preta cobertura-soja (2020/2021)/trigo-soja (2021/2022)/milho 2ª safra-aveia preta cobertura-soja (2022/2023); M4 = sucessão milho + braquiária ruziziensis-soja; M5 = sucessão trigo-soja; M6 = aveia-branca grão-soja (2020/2021)/aveia-preta cobertura-soja (2021/2022)/aveia-preta cobertura-soja (2022/2023). Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade de erro. CV (%) = 9,1.

Figura 1. Índice de qualidade estrutural de um Latossolo Vermelho distroférico obtido pelo diagnóstico rápido da estrutura do solo (DRES) antes da implantação do experimento (agosto/2019) e 38 meses após o estabelecimento dos seis modelos de produção avaliados (outubro/2022).

É importante destacar que o tratamento M5, caracterizado pela sucessão trigo-soja, proporcionou valores de IQES semelhantes aos modelos M2, M4 e M6 e maiores do que o M1, todos eles caracterizados por maiores adições de palha e raízes ao solo (dados não apresentados). O impacto positivo da sucessão trigo-soja na qualidade estrutural do solo em relação à sucessão milho 2ª safra-soja pode ser atribuído ao maior tempo de permanência da cultura na área, diminuindo a duração do período de pousio entre a colheita da safra de inverno e a semeadura da soja na primavera-verão, bem como à qualidade do resíduo produzido pelo trigo, que apresenta maior persistência em função dos maiores teores de lignina e da maior relação C/N em comparação às demais espécies. Essas características prolongam a disponibilidade de material orgânico para a biota do solo, o que é essencial para o processo contínuo de formação e estabilização de agregados (Oades, 1993). Além disso, os resíduos de trigo são mais eficientes na cobertura do solo em relação aos de milho 2ª safra. Para uma cobertura do solo de 100%, são necessárias

3,7 t ha⁻¹ de palha de trigo e 7,5 t ha⁻¹ de milho 2^a safra (Debiasi et al., 2021). Essa característica, em conjunto com a maior persistência da palhada, melhora e prolonga a cobertura do solo gerando um ambiente (temperatura e umidade) mais favorável à biota do solo, responsável direta pelo processo de agregação do solo.



Fotos: Henrique Debiasi

M1 = sucessão soja-milho 2^a safra; M2 = milho 2^a safra-trigo 3^a safra-soja (2020/2021)/milho 2^a safra-soja (2021/2022)/milho 2^a safra-trigo 3^a safra-soja (2022/2023); M3 = milho 2^a safra-aveia preta cobertura-soja (2020/2021)/trigo-soja (2021/2022)/milho 2^a safra-aveia preta cobertura-soja (2022/2023); M4 = sucessão milho + braquiária ruziziensis-soja; M5 = sucessão trigo-soja; M6 = aveia-branca grão-soja (2020/2021)/aveia-preta cobertura-soja (2021/2022)/aveia-preta cobertura-soja (2022/2023).

Figura 2. Aspecto visual de amostras utilizadas para o diagnóstico rápido da estrutura do solo (DRES), representativas da fertilidade estrutural de um Latossolo Vermelho distroférico antes da implantação do experimento (agosto/2019) (a) e 38 meses (agosto/2022) após o estabelecimento dos modelos de produção M1 (b), M2 (c), M3 (d), M4 (e), M5 (f) e M6 (g).

A produtividade de grãos da soja foi influenciada pelas condições meteorológicas das safras e pelos tratamentos (Tabela 1). A baixa produtividade média observada na safra 2021/2022 está associada à ocorrência de um forte déficit hídrico principalmente durante os subperíodos reprodutivos da soja. Nas demais safras, a distribuição e o volume das precipitações pluviais durante a fase reprodutiva da cultura, assim como as temperaturas, foram

favoráveis à obtenção de elevadas produtividades. De modo geral, independentemente da safra, as menores produtividades foram observadas na sucessão milho-soja, resultado da pior estrutura do solo (Figura 2) e da menor cobertura do solo (dados não apresentados). No acumulado das três safras, a sucessão milho-soja apresentou produtividade significativamente inferior aos demais modelos de produção, que não diferiram significativamente entre si. Em relação à média dos demais tratamentos, a produtividade acumulada na sucessão milho -soja foi cerca de 1.100 kg ha⁻¹ (10%) inferior. Resultados similares foram obtidos por Garbelini et al. (2020), em que a produtividade da soja foi menor em relação a outros modelos de produção com maior grau de diversificação de culturas. A maior diferença percentual ocorreu na safra 2021/2022, sob condições de déficit hídrico, onde a produtividade na sucessão milho-soja foi 53% inferior ao melhor tratamento (M4 - milho + braquiária ruziziensis-soja). Esse resultado reforça que os maiores impactos positivos de modelos de produção diversificados no desempenho produtivo das culturas ocorrem sob estresse hídrico (Debiasi et al., 2022).

Tabela 1. Produtividade de grãos da soja acumulada e por safra (2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023) em função dos seis modelos de produção avaliados.

Modelo de produção	Produtividade de grãos da soja			
	2020/2021	2021/2022	2022/2023	Acumulado
	----- kg ha ⁻¹ -----			
M1	5.012 b	925 b	4.153 e	10.090 b
M2	5.020 b	1.056 b	5.009 a	11.085 a
M3	5.474 a	980 b	4.641 cd	11.105 a
M4	5.448 a	1.413 a	4.468 cd	11.329 a
M5	5.296 ab	1.010 b	4.776 bc	11.082 a
M6	5.230 ab	1.174 ab	4.920 ab	11.324 a
Média	5.246	1.093	4.661	11.000
CV (%)	4,4	18,1	3,1	2,62
p (Teste F)	0,04*	0,03*	< 0,0001*	0,0002*

M1 = sucessão soja-milho 2ª safra; M2 = milho 2ª safra-trigo 3ª safra-soja (2020/2021)/milho 2ª safra-soja (2021/2022)/milho 2ª safra-trigo 3ª safra-soja (2022/2023); M3 = milho 2ª safra-aveia preta cobertura-soja (2020/2021)/trigo-soja (2021/2022)/milho 2ª safra- aveia preta cobertura-soja (2022/2023); M4 = sucessão milho + braquiária ruziziensis-soja; M5 = sucessão trigo-soja; M6 = aveia-branca grão-soja (2020/2021)/aveia-preta cobertura-soja (2021/2022)/aveia-preta cobertura-soja (2022/2023). Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade de erro.

Comparando os melhores tratamentos entre si (M2 a M6), ocorreram variações em função das safras. Na safra 2020/2021, os melhores tratamentos foram o M3 e M4, caracterizados pelo cultivo de soja após aveia preta cobertura e milho + braquiária *ruzizensis*, respectivamente. Já em 2021/2022, os melhores tratamentos foram o M4 e o M6, que compreenderam novamente o cultivo da soja sobre palhada de milho + braquiária e aveia preta, respectivamente. Por fim, em 2022/2023, as maiores produtividades de soja foram observadas sobre palhada de trigo 3ª safra (M2), aveia preta cobertura (M6) e trigo safra normal (M5). Sob o ponto de vista prático, esses resultados demonstram que a produtividade da soja pode ser potencializada em um modelo de produção diversificado composto por todas as culturas de outono-inverno e estratégias de diversificação aqui avaliadas (milho, milho + braquiária *ruzizensis*, trigo safra normal, trigo 3ª safra, aveia safra normal e aveia na 3ª safra).

Conclusão

A diversificação de culturas nos modelos de produção da região oeste do Paraná para além da sucessão milho 2ª safra-soja melhora a fertilidade física do solo e aumenta a produtividade de grãos da soja.

Referências

BERTOLLO, A. M.; MORAES, M. T.; FRANCHINI, J. C.; SOLTANGHEISI, A.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; LEVIEN, R.; DEBIASI, H. Precrops alleviate soil physical limitations for soybean root growth in an Oxisol from southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 206, 104820, 2021.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; SANTOS, E. L. dos; CECCATTO, S. el K.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; CONTE, O.; NUNES, E. da S.; FURLANETTO, R. H. **Diagnóstico da qualidade do manejo e impacto de modelos de produção aprimorados sobre a fertilidade do solo nas regiões Norte e Noroeste do Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2021. 69 p. (Embrapa Soja. Documentos, 441).

DEBIASI, H.; MONTEIRO, J. E. B. de A.; FRANCHINI, J. C.; FARIAS, J. R. B.; CONTE, O.; CUNHA, G. R. da; MORAES, M. T. de; BALBINOT JUNIOR, A. A.; SILVA, F. A. M. da; EVANGELISTA, B. A.; MARAFON, A. C. **Níveis de manejo do solo para avaliação de riscos climáticos na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2022. 137 p. (Embrapa Soja. Documentos, 447).

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. Desafios à caracterização de solo fértil em manejo e conservação do solo e da água. In: REUNIÃO SULBRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 6., 2006, Passo Fundo. **Fertilidade em solo... (re)emergindo sistêmica**: resumos e palestras. Passo Fundo: Embrapa Trigo: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo-Núcleo Regional Sul, 2006. 8 p. 1 CD-ROM.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2008.

GARBELINI, L. G.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; BETIOLI JUNIOR, E.; TELLES, T. S. Profitability of soybean production models with diversified crops in the autumn-winter. **Agronomy Journal**, v. 112, n. 5, p. 4092-4103, 2020.

MORAES, M. T. de; GUSMÃO, A. G. How do water, compaction and heat stresses affect soybean root elongation? A review. **Rizosphere**, v. 19, 100493, 2021.

OADES, J. M. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. **Geoderma**, v. 56, n. 1-4, p. 377-400, 1993.

PARANÁ. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Departamento de Economia Rural. **Estimativa de safra**. 2023. Disponível em: https://www.agricultura.pr.gov.br/system/files/publico/Safra/s_pss.xls. Acesso em: 06 jun. 2023.

RALISCH, R.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; TOMAZI, M.; HERNANI, L. C.; MELO, A. da S.; SANTI, A.; MARTINS, A. L. da S.; DE BONA, F. D. **Diagnóstico rápido da estrutura do solo - DRES**. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 63 p. (Embrapa Soja. Documentos, 390).

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. (Ed.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 347 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17).

Embrapa

Soja