

Eventos Técnicos & Científicos

4

Julho, 2024

RESUMOS EXPANDIDOS

19ª Jornada Acadêmica da Embrapa Soja

30 e 31 de julho de 2024
Londrina, PR



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

Eventos Técnicos & Científicos

4

Julho, 2024

RESUMOS EXPANDIDOS

19ª Jornada Acadêmica da Embrapa Soja

30 e 31 de julho de 2024
Londrina, PR

Embrapa Soja
Londrina, PR
2024

Embrapa Soja
Rodovia Carlos João Strass, acesso Orlando Amaral, Distrito de Warta
Caixa Postal 231, CEP 86001-970, Londrina, PR
Fone: (43) 3371 6000
Fax: (43) 3371 6100
www.embrapa.br/soja
<https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

Comitê de Publicações da Embrapa Soja

Presidente: *Roberta Aparecida Carnevalli*

Secretário-executivo: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

Membros: *Claudine Dinali Santos Seixas, Clara Beatriz Hoffmann-Campo, Fernando Augusto Henning, Ivani de Oliveira Negrão Lopes, Leandro Eugênio Cardamone Diniz, Maria Cristina Neves de Oliveira, Mônica Juliani Zavaglia Pereira e Norman Neumaier*

Edição executiva: *Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol*

Normalização: *Valéria de Fátima Cardoso*

Diagramação: *Marisa Yuri Horikawa*

Organização da publicação: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite, Larissa Alexandra Cardoso Moraes, Kelly Catharin*

1ª edição

Publicação digital: PDF

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e de inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista da Embrapa.

É de responsabilidade dos autores a declaração afirmando que seu trabalho encontra-se em conformidade com as exigências da Lei nº 13.123/2015, que trata do acesso ao Patrimônio Genético e ao Conhecimento Tradicional Associado.

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 (19. : 2024: Londrina, PR).

Resumos expandidos [da] XIX Jornada Acadêmica da Embrapa Soja, Londrina, PR, 30 e 31 de julho de 2024 -- Londrina : Embrapa Soja, 2024.

PDF (111 p.) -- (Eventos técnicos & científicos / Embrapa Soja, ISSN 0000-0000 ; 4)

1. Soja. 2. Pesquisa agrícola. I. Título. II. Série.

CDD (21. ed.) 630.2515

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 desenvolvimento da Unidade.

Por meio da inscrição de trabalhos e da apresentação 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 19ª edição, realizada nos dias 30 e 31 de julho de 2024, presencialmente 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 aos revisores do Comitê Local de Publicação, à banca avaliadora e ao Núcleo de Comunicação Organizacional, que contribuíram para a realização da 19ª Jornada Acadêmica da Embrapa Soja. Aproveitamos, ainda, para parabenizar a todos pelos resultados alcançados.

Alexandre Lima Nepomuceno

Chefe-Geral
Embrapa Soja

Sumário

Sobrevivência de ninfas de percevejos em vagens de cultivares de soja especiais para alimentação humana 8

Nathalia Cuesta dos Santos, Matheus Domingues de Oliveira Araújo, Denikeli de Fatima Bucoski, Ana Júlia Tanko Ribeirete, Geraldo Matheus de Lara Alves, Gabriela Bes, Samuel Aparecido Pereira da Silva, Nicolay Barros Ferreira, Jeniffer Mathias Della Nina, Samuel Roggia

Cobertura do solo no outono/inverno com cultivares de *Urochloa* spp. e *Megathyrus maximus* (syn. *Panicum maximum*) e seus impactos na soja 13

Maria Eduarda Mariano de Oliveira, Henrique Debiasi, Julio Cezar Franchini, Laura Alievi Tirelli, Alvadi Antonio Balbinot Junior

Eficiência de antibióticos na inibição da estirpe EHA-105 de *Agrobacterium tumefaciens*..... 17

Camila Bayer, Maria Teresa Magnani Coppo, Thais Monteiro Miranda, Bárbara Nicole Dabolt, Alexandre Lima Nepomuceno, Lilliane Marcia Mertz-Henning

Métodos de infecção de *Agrobacterium rhizogenes* sobre o crescimento de raízes na transformação transiente de explantes de soja *in vitro* 21

Maria Teresa Magnani Coppo, Camila Bayer, Bárbara Nicole Dabolt, Thais Monteiro Miranda, Alexandre Lima Nepomuceno, Lilliane Marcia Mertz-Henning

Interação e competitividade entre *Telenomus remus* e *Trichogramma pretiosum* em ovos de *Spodoptera frugiperda* 26

Emanuel Antonio Toloi Fróio, Weidson Plauter Sutil, Leonardo Roswadoski, Gabriel Siqueira Carneiro, Adeney de Freitas Bueno

Aplicativo móvel para disponibilização de publicações agrometeorológicas e consulta em tempo real de dados da estação meteorológica da Embrapa Soja 31

Gabriel Buche, Luís Guilherme Teixeira Crusiol, Rubson Natal Ribeiro Sibaldelli, José Renato Bouças Farias

Comparação entre índices de vegetação obtidos por VANT na avaliação de plantas de soja infectadas por ferrugem-asiática..... 36

Bruna Maia da Silva, Luís Guilherme Teixeira Crusiol, Rubson Natal Ribeiro Sibaldelli, Cláudia Vieira Godoy, Allan Misael Flausino, Maria Isabel Balbi-Peña, Marcelo Augusto de Aguiar e Silva, José Renato Bouças Farias

Eficiência de ingredientes ativos isolados no controle da ferrugem-asiática da soja em Londrina, PR, safra 2023/2024..... 41

Nathalye de França Santos, Heloisa Piloto Riedi, Cláudia Vieira Godoy

Avaliação de características agronômicas de híbridos de girassol para pássaros cultivados em Londrina, PR, safra 2023/2024..... 44

Gabriel Pucciarelli Cardoso, Claudio Guilherme Portela de Carvalho, Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite

Coinfecção de vírus de poliedrose nuclear na mortalidade de *Rachiplusia nu* (Guenée) (Lepidoptera: Noctuidae) 47

Augustu Vinicio Bigaran Santos, Alini Almeida, Maria Cristina Neves de Oliveira, Vanessa Ferreira Sehaber, Daniel Ricardo Sosa-Gómez

Análise comparativa da taxa de crescimento de biótipos suscetíveis e resistentes de picão-preto (*Bidens subalternans*) ao herbicida glifosato 52

Murilo de Souza Brunetta, Fernando Storniolo Adegas

Teste de condutividade elétrica para a determinação do vigor em sementes de soja tratadas e armazenadas..... 56

Ana Carolina Dias Balan, Fernando Augusto Henning, José de Barros França Neto, Francisco Carlos Krzyzanowski

Manejo localizado de percevejos em soja cultivada em sistema de baixo carbono 59

Nicolý Barros Ferreira, Nathalia Cuesta dos Santos, Ana Júlia Tanko Ribeirete, Gabriela Bes, Matheus Domingues de Oliveira Araújo, Amanda Rodrigues, Marco Antonio Nogueira, Roberta Aparecida Carnevalli, Henrique Debiasi, Samuel Roggia

Predação de ovos do percevejo *Euschistus heros* em soja cultivada em sistema de baixo carbono 64

Nicolý Barros Ferreira, Nathalia Cuesta dos Santos, Ana Júlia Tanko Ribeirete, Gabriela Bes, Matheus Domingues de Oliveira Araújo, Marco Antonio Nogueira, Roberta Aparecida Carnevalli, Henrique Debiasi, Samuel Roggia

Seleção de linhagens de soja com característica de tolerância a percevejos sugadores de sementes 69

Matheus Bruniera Ferreira, Felipe de Sante Prevital, Carlos Alberto Arrabal Arias, Ivani de Oliveira Negrão Lopes, Guilherme Julião Zocolo, Clara Beatriz Hoffmann-Campo

Parâmetros reprodutivos de fêmeas do percevejo *Euschistus heros* com diferentes massas corporais 74

Matheus Domingues de Oliveira Araújo, Nicolý Barros Ferreira, Nathalia Cuesta dos Santos, Samuel Aparecido Pereira da Silva, Samuel Roggia

Neutralização da acidez do solo em solos com CTC distintas 79

Maria Júlia Couto, Mariana Gomes Germano, Fernanda Ramos de Andrade, Joviano Jackson Kleinert, Cesar de Castro, Adilson de Oliveira Junior, Fábio Alvares de Oliveira

Caracterização e avaliação do “óleo essencial Embrapa” aplicado sobre *Spodoptera frugiperda* e *Anticarsia gemmatilis* 83

Andressa Daniela Bastiansch, Gabriel Siqueira Carneiro, Ana Paula da Silva Amaral Soares, Isabel Roggia, Clara Beatriz Hoffmann-Campo, Adeney de Freitas Bueno, Guilherme Julião Zocolo

Modificações químicas no perfil do solo por modelos de sistemas de produção de soja 88

Rafael Agostinelli Gouvea, Esmael Lopes dos Santos, Alvadi Antonio Balbinot Junior, Henrique Debiasi, Victor Fernandes Beraldo, Leonardo de Lima Silva, Julio Cezar Franchini

Cultivo de trigo associado a culturas graníferas na janela outonal como opção para diversificação da sucessão milho 2ª safra/soja na região Norte do Paraná 92

Leonardo Augusto Rossato, Esmael Lopes dos Santos, Alvadi Antonio Balbinot Junior, Julio Cezar Franchini, Henrique Debiasi

Interação nitrogênio e magnésio no estado nutricional do grão-de-bico 100

Marcos Vinicius Boiani, Stéfany Ramos Romagnolli Silvestrim, Adônis Moreira, Larissa Alexandra Cardoso Moraes, Oscar Fontão de Lima Filho

Potencial de utilização do uso de misturas de *Metarhizium sp.* com inseticidas em doses subletais aplicadas sobre *Euschistus heros* 104

Nicolas Vargas Perandré, Alini Almeida, Daniel Ricardo Sosa-Gómez

Prospecção de bactérias para controle de fitopatógenos da soja 107

Vanessa Batista Moreira, Gisele Gonçalves Pozzobom Fantinato, Leandro Eugênio Cardamone Diniz, Guilherme Julião Zocolo, Ivani de Oliveira Negrão Lopes, Claudine Dinali Santos Seixas

Sobrevivência de ninfas de percevejos em vagens de cultivares de soja especiais para alimentação humana

Nathalia Cuesta dos Santos⁽¹⁾, Matheus Domingues de Oliveira Araújo⁽²⁾, Denikeli de Fatima Bucoski⁽³⁾, Ana Júlia Tanko Ribeirete⁽⁴⁾, Geraldo Matheus de Lara Alves⁽⁵⁾, Gabriela Bes⁽⁶⁾, Samuel Aparecido Pereira da Silva⁽⁷⁾, Nicoly Barros Ferreira⁽⁸⁾, Jeniffer Mathias Della Nina⁽¹⁾, Samuel Roggia⁽⁹⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Norte do Paraná, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Federal de São Carlos, Lagoa do Sino, SP. ⁽³⁾ Estudante de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP. ⁽⁴⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, PR. ⁽⁵⁾ Estudante de mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR. ⁽⁶⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, SC. ⁽⁷⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, RS. ⁽⁸⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Registro, SP. ⁽⁹⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

Nos últimos anos, o interesse pelas múltiplas utilizações da soja tem se intensificado, sendo uma opção substituta para a proteína animal na alimentação humana direta, visando também reduzir o impacto ambiental associado à cadeia de produção de carnes. Nesse sentido, a Embrapa tem desenvolvido e lançado cultivares com características especiais para a alimentação humana (Carrão-Panizzi; Pípolo, 2007), na forma de vagens e grãos verdes, broto ou farinha, usados na composição de diversas receitas culinárias, incluindo os tradicionais tofu e edamame (Benassi, 2013; Carrão-Panizzi et al., 2016, 2018).

Predominantemente, as cultivares de soja destinadas à alimentação humana não são geneticamente modificadas e seu cultivo é realizado em sistema orgânico, sem utilização de inseticidas químicos. Nesse sistema de cultivo, os percevejos consistem no principal grupo de pragas pelo seu potencial de dano e dificuldade de controle, os quais atacam diretamente as vagens e grãos, reduzindo a produtividade e a qualidade da produção (Panizzi et al., 2012).

Cultivares de soja destinadas à alimentação humana, apresentam reduzido nível de enzimas lipoxigenases, que são responsáveis pelo sabor desagradável ao paladar humano (Carrão-Panizzi et al., 2018). Além disso, essas cultivares são selecionadas para outras características relacionadas a sua aceitação para alimentação humana como tamanho dos grãos e textura (Carrão-Panizzi et al., 2018). De forma particular, para o preparo de edamame, é desejável que a soja apresente sabor levemente adocicado, o que em geral está associado à presença de aminoácidos como alanina e ácido glutâmico, além de sacarose e amido (Silva et al., 2012). Tais características podem afetar a interação da planta com os percevejos, podendo favorecer ou não o desenvolvimento dessa praga.

O manejo de percevejos sem o uso de inseticidas químicos ainda é desafiador. A Embrapa tem lançado cultivares com fatores de resistência a percevejos (Tecnologia..., 2019), porém não são cultivares com características adequadas para alimentação humana, bem como, não apresentam resistência total aos percevejos, demandando medidas adicionais de controle da praga, como o controle biológico. Em 2019 foi publicada a especificação de referência do parasitoide de ovos *Telenomus podisi* (Podisibug, 2019), e consiste em um dos agentes de controle biológico mais eficientes para o controle de percevejos em soja e outras culturas.

A partir da publicação da especificação de referência, muitas empresas de controle biológico se interessaram pela criação do percevejo em laboratório para obtenção de ovos para a fins de produção do parasitoide, visando sua comercialização para agricultores como insumo biológico. Nesse caso é demandada criação massal de percevejos focada em produção de grande quantidade de ovos. A criação de percevejos em laboratório segue diversos critérios técnicos, baseados em seus parâmetros biológicos e em resultados de diversos estudos científicos. A composição do alimento fornecido para os percevejos em laboratório é um dos principais pontos de estudo, visando a otimização da sua criação. Diversos estudos propõem dietas com componentes naturais, processados ou *in natura* (Hayashida et al., 2018).

Em ambos os casos, são utilizados componentes naturais como grãos de soja e feijão de vagem, como base para a dieta. Componentes naturais podem conter proteínas inseticidas (p.ex.: inibidores de protease) produzidos naturalmente pelas plantas como mecanismos de defesa ao ataque de insetos, estes podem ser encontrados em diferentes tecidos da planta como grãos, vagens e seiva (Krishnan et al., 2011). Tais compostos de defesa podem variar entre cultivar em relação a sua presença e quantidade, e consequentemente afetar o desempenho dos percevejos que se alimentam dos tecidos dessas plantas.

Nesse contexto, a hipótese do trabalho é de que o desempenho biológico de percevejos é afetado pelo genótipo de soja utilizado para sua alimentação. O que é relevante para embasar estratégias de manejo da praga em áreas de cultivo com essas cultivares, bem como, para embasar a escolha de genótipos de soja a serem usados para compor a dieta de percevejos em criação massal, em laboratório.

O objetivo do presente trabalho é estudar a sobrevivência de ninfas de percevejos alimentadas com vagens de diferentes cultivares de soja desenvolvidas para alimentação humana.

Material e métodos

Criação estoque

A criação de percevejos mantida no laboratório de percevejos da Embrapa Soja, é uma criação massal estabelecida e utilizada como fonte de insumos para experimentos e para criação de parasitoides. Uma vez por ano ocorre a coleta de insetos em campo, para manter a variabilidade genética da população de *E. heros*.

No mês de fevereiro de 2023 foram coletados percevejos em plantas de soja na Embrapa Soja. Os insetos foram triados a fim de separar insetos infectados por patógenos ou parasitados e mantidos em laboratório em gaiolas com aproximadamente 100 insetos, acondicionados em câmara climatizada ($25^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{ C}$, $70 \pm 10\% \text{ UR}$ e fotoperíodo de 14 horas). As gaiolas possuem aberturas lateral e superior com trama de inox vedada com gramatura milimétrica. No fundo da gaiola coloca-se papel filtro com enquadramento semelhante a gaiola.

Os insetos recebem dieta composta por: quatro vagens de feijão macarrão (*Phaseolus vulgaris* (L.)), dois amendoins crus (*Arachis hypogaea*) e 10 grãos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) da cultivar NA 5909 RR. Esta é considerada cultivar referência de suscetibilidade em estudos de resistência de soja a percevejo (Moreira, 2015; Moraes, 2022), realizados na Embrapa Soja, então assume-se ser a mais adequada para a alimentação dos percevejos em laboratório. A periodicidade de manutenção da criação para coleta dos ovos, troca de alimento e limpeza das gaiolas de criação é realizada três vezes por semana, nas segundas, quartas e sextas-feiras, sempre que possível. O substrato de oviposição utilizado é um tecido branco de TNT com dimensão de 7 x 25 cm aproximadamente, sendo este substrato colocado no lado oposto a abertura vedada com trama de inox.

Os ovos coletados são usados na preparação de gerbox para criação (F1), onde divide-se uma grama de ovos (aproximadamente 2 mil ovos) para seis gerbox, o restante é armazenado no nitrogênio líquido e utilizado na criação de parasitoides.

Estudo biológico

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições. Cada repetição foi composta por uma caixa de poliestireno cristal, tipo gerbox (11x11x3,5 cm), contendo um papel filtro forrando internamente seu fundo, com duas aberturas teladas na tampa de aproximadamente 2 cm de diâmetro para ventilação, contendo os alimentos

(dietas) em estudo. Em cada caixa de gerbox foram inseridos 20 ovos do percevejo *Euschistus heros*, obtidos da criação estoque, e posteriormente foi padronizado para 15 o número de ninfas de 1º instar. Em cada gerbox foi disponibilizado como alimento: uma vagem de feijão ou soja (de acordo com cada tratamento); um grão de amendoim cru tratado externamente com nipagim; dois grãos maduros de soja da cultivar NA 5909 RR; e água ofertada em algodão hidrófilo acondicionado no interior de um tubo de microcentrífuga de 2 mL. Adicionalmente, foram ofertadas vitaminas do complexo B diluídas em água. Ao longo do estudo, todas as dietas, água e vitaminas foram substituídas três vezes por semana. O experimento foi conduzido em câmara climatizada ($25^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$, $70 \pm 10\% \text{UR}$ e fotoperíodo de 14 horas).

Foram estudados os seguintes tratamentos, compostos por diferentes vagens ofertadas como alimento: T1 – vagem de soja BRS 216; T2 - vagem de soja BRS 267; T3 - vagem de soja BRS 257; T4 - vagem de soja NA 5909 RR; e T5 – vagem de feijão. Sendo os três primeiros tratamentos compostos por vagem de soja de cultivares especiais para alimentação humana, o T4 corresponde a cultivar referência de suscetibilidade (Moreira, 2015; Moraes, 2022) e o T5 a vagem tradicionalmente utilizada na criação de percevejos em laboratório.

Todas as vagens foram obtidas de produção própria, de cultivo em vaso, em casa de vegetação, na Embrapa Soja. As plantas foram cultivadas sem aplicação de agrotóxicos. Foram colhidas vagens no final do enchimento de grãos, em estágio de desenvolvimento similar ao de vagens obtidas no mercado, destinadas ao consumo humano. Sempre que necessário, foi realizada colheita das vagens no início da manhã e estas foram armazenadas em geladeira para serem utilizadas ao longo do experimento. Foram usadas vagens frescas ou com no máximo 1 semana de armazenamento em geladeira.

Foram realizadas avaliações três vezes por semana, nas segundas, quartas e sextas-feiras, por ocasião da troca do alimento, quando foram quantificados os insetos vivos e mortos. Os insetos mortos foram retirados da caixa de gerbox. As avaliações foram conduzidas até 24 dias após a infestação das caixas de gerbox. Os dados foram submetidos a testes de sobrevivência, conforme procedimento utilizado por Michereff et al. (2019): a análise não-paramétrica de Kaplan-Meier foi utilizada para estimar as funções de sobrevivência, estimativa do número de insetos sobreviventes no tempo médio para cada tratamento; os tratamentos foram comparados entre si, em pares usando qui-quadrado, pelo teste Log-Rank.

Resultados e discussão

A análise de sobrevivência (Tabela 1) da fase de ninfa, indica melhor adequação da vagem de feijão, com estimativa de 85% de sobreviventes no tempo médio (14,67 dias). O resultado obtido com vagem de feijão foi significativamente superior à sobrevivência estimada nos tratamentos com vagens de soja de diferentes cultivares. Os resultados indicam maior adequação da vagem de feijão para a criação de percevejos em laboratório em relação a vagens de soja. O pior desempenho das vagens de soja pode estar relacionado a maior pilosidade presente nestas em relação à vagem de feijão, que pode ter dificultado o acesso das ninfas à superfície da vagem para alimentação. Pois nos tratamentos com vagem de soja, o maior percentual de mortalidade de ninfas (45% a 98%) foi observado na primeira semana de avaliação, que corresponde às ninfas de menor tamanho. Enquanto que no tratamento com vagem de feijão houve baixa mortalidade, com ocorrências bem distribuídas ao longo do período de avaliação. Além disso, a variação da composição nutricional e de compostos de defesa vegetal à insetos entre os tratamentos, pode ter proporcionado diferentes níveis de sobrevivência de ninfas.

Comparando as cultivares de soja entre si, a cultivar BRS 257 foi a mais adequada e a BRS 267 foi a menos adequada para a sobrevivência de ninfas. Enquanto a cultivar NA 5909 RR, considerada como referência de suscetibilidade a percevejos, apresentou desempenho intermediário. A cultivar NA 5909 RR, atualmente é ofertada na forma de grão seco, juntamente com vagem de feijão e grãos de amendoim para a criação de percevejos em laboratório. Os resultados do

presente estudo indicam que outras cultivares de soja poderiam ser mais adequadas para compor a alimentação de percevejos, em laboratório. Assim, sugere-se realizar estudos específicos com grãos de diferentes cultivares de soja, comparativamente a grãos da cultivar NA 5909 RR.

Adicionalmente, o estudo indica que a cultivar BRS 267 foi a menos adequada para a sobrevivência de ninfas e que poderia ser estudada em condições representativas de cultivo em campo, quanto a manifestação de fatores de resistência à percevejos, o que pode ser relevante para o manejo integrado da praga em campo, principalmente no sistema de cultivo de soja para alimentação humana onde busca-se menor uso de produtos fitossanitários.

Tabela 1. Sobrevivência de ninfas do percevejo *Euschistus heros* alimentadas com vagens de diferentes cultivares de soja especiais para alimentação humana. Estudo conduzido em laboratório a $26 \pm 2^\circ \text{C}$; $70 \pm 20\%$ de UR e fotofase de 14 h.

Tratamento	Sobrevivência (%) no tempo médio (14,67 dias) estimado por Kaplan-Meier ¹
T1 - vagem de soja BRS 216	22,31 c
T2 - vagem de soja BRS 267	17,31 d
T3 - vagem de soja BRS 257	43,08 b
T4 - vagem de soja NA 5909 RR	28,39 c
T5 - vagem de feijão	85,00 a

¹ Sobrevivência estimada por Kaplan-Meier, valores seguidos pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste Log-Rank, comparados em pares por qui-quadrado, considerando o nível de significância de 1%.

Conclusões

A vagem de feijão *in natura* é indispensável para o desenvolvimento da fase de ninfa do percevejo *Euschistus heros*, em laboratório. Dentre as vagens de soja, a cultivar que proporcionou melhor sobrevivência das ninfas de percevejos foi a BRS 257.

Referências

- BENASSI, V. de T. **Orientações e receitas para uma alimentação com soja e livre de glúten**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 79 p.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MIRANDA, M. Z. de; FELBERG, I.; GODOY, R. L. de O.; SANTIAGO, M. C. P. de A. **Avaliação de soja preta para consumo como edamame**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2018. 20 p. (Embrapa Trigo. Boletim de pesquisa e desenvolvimento online, 89).
- CARRÃO-PANIZZI, M. C.; OLIVEIRA, M. A. de; MANDARINO, J. M. G. **Receitas com brotos de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 27 p.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C.; PIPOLO, A. E. **Cultivares de soja especiais para alimentação humana**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 1 folder. (Folder 01/2007)
- HAYASHIDA, R.; BUENO, A. de F.; HERMEL, A. O.; HIRAKURI, M. H.; SILVA, F. A. C.; ROGGIA, S. *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) fitness on artificial diets: an approach to optimize mass rearing of *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae) for augmentative biological control. **Journal of Economic Entomology**. v. 111, n. 4, p. 1605-1613, 2018.
- KRISHNAN, H. B.; NATARAJAN, S. S.; BENNETT, J. O.; SICHER, R. C. Protein and metabolite composition of xylem sap from field-grown soybeans (*Glycine max*). **Planta**, v. 5, n. 233, p. 921-931, 2011.
- MICHEREFF, M. F. F.; BORGES, M.; LAUMANN, R. A.; DANIEL, D.; LAGO, C. L. do; BLASSIOLI-MORAES, M. C. The influence of resistant soybean cultivars on the biological development of *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). **Journal of Plant Interactions**, v. 14, n. 1, p. 544-551, 2019.
- MORAES, J. S. **Caracterização de genótipos de soja sobre parâmetros biológicos e sítio de oviposição de insetos-praga em condições de campo e de armazenamento**. 2022. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Conservacionista) - Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IAPAR-EMATER, Londrina.

MOREIRA, F. F. **Resistência ao complexo de percevejos em linhagens elite de soja**. 2015. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciências - Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

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. **Soja: manejo integrado de insetos e outros Artrópodes-praga**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 335-420.

PODISIBUG: *Telenomus podisi*. Piracicaba: Koppert do Brasil Holding Ltda, 2019. (bula de agrotóxico).

SILVA, J. B.; PRUDENCIO, S. H.; CARRÃO-PANIZZI, M. C.; GREGORUT, C.; FONSECA, J. F.; MATTOSO, L. H. C. Study on the flavour of soybean cultivars by sensory analysis and electronic tongue. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, n. 8, p. 1630-1638, 2012.

TECNOLOGIA Block: proteção percevejos. Londrina: Embrapa Soja, 2019. não paginado. 1 folder. Folder n. 04/2019 junho de 2019.

Cobertura do solo no outono/inverno com cultivares de *Urochloa* spp. e *Megathyrsus maximus* (syn. *Panicum maximum*) e seus impactos na soja

Maria Eduarda Mariano de Oliveira⁽¹⁾, Henrique Debiasi⁽²⁾, Julio Cezar Franchini⁽²⁾, Laura Alievi Tirelli⁽³⁾, Alvadi Antonio Balbinot Junior⁽²⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽³⁾ Estudante de mestrado, Universidade Estadual de Santa Catarina, Lages, SC.

Introdução

A cultura da soja é a principal fonte de proteína para a humanidade e importante produtora de óleo, por isso é fundamental para a segurança alimentar da população mundial (Qin et al., 2022). O farelo proteico é o principal produto oriundo dos grãos de soja, sendo utilizado em várias cadeias produtivas, como aves, suínos, leite e peixes. O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de soja, sendo cultivados, aproximadamente, 45 milhões de hectares na safra 2023/2024, atingindo produção de 149,4 milhões de toneladas (Conab, 2024). O cultivo de soja no Brasil é predominantemente em sistema plantio direto, mas com necessidade de ajustes para atender aos fundamentos do sistema: cobertura permanente do solo, diversificação de espécies cultivadas e mínima mobilização do solo (Bertollo et al., 2021; Garbelini et al., 2022).

A cultura comercial mais utilizada na entressafra da soja no Brasil é o milho, em sistema de sucessão de culturas, intensificando o uso da terra, insumos e mão de obra (Mateus et al., 2020; Yokoyama et al., 2022). Por outro lado, o uso continuado dessa sucessão de culturas tem aumentado alguns problemas, como a compactação superficial do solo em plantio direto, a baixa cobertura do solo entre a colheita do milho e a semeadura da soja – geralmente entre junho e outubro e o aumento da infestação de plantas daninhas de difícil controle e fitonematoides (Debiasi et al., 2016; Garbelini et al., 2020).

Uma das opções para a diversificação dos sistemas de produção de grãos é a utilização de culturas de cobertura no outono/inverno, em substituição do milho segunda safra e manutenção da soja na primavera/verão, pois é a cultura que mais gera renda no sistema (Garbelini et al., 2020, 2022). Há várias espécies de cobertura de entressafra da soja já estudadas e utilizadas em larga escala, como a *ruziziensis*, mas há algumas cultivares de *Urochloa* spp. (braquiária) e *Megathyrsus maximus* (panicum), lançadas no mercado na última década, que podem ser utilizadas como cobertura do solo de entressafra ou como forrageiras. São espécies com alto crescimento de raízes e de parte aérea, adaptadas a uma ampla variação de solo e de clima. Nesse âmbito, é fundamental entender o impacto do cultivo dessas cultivares forrageiras na entressafra da soja sobre a cultura. O objetivo da presente pesquisa é avaliar o desempenho de cultivares forrageiras tropicais para cobertura do solo no outono/inverno e seus efeitos na soja em sucessão, sob sistema plantio direto.

Material e métodos

O experimento foi implantado em março de 2023 em Londrina, PR (23°11'37" S, 51°11'03" W e 630 m de altitude), em delineamento de blocos completos casualizados, com quatro repetições e parcelas de 40 m² (8 x 5m). 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. Nas Figuras 1 e 2 são apresentadas informações climáticas durante o ciclo de desenvolvimento da soja.

Foram avaliados os seguintes tratamentos no outono/inverno de 2023: 1) *Urochloa ruziziensis* (ruziziensis); 2) *U. brizantha* (Xaraés); 3) *U. brizantha* (BRS Paiaguás); 4) *Megathyrsus maximus* (BRS Tamani); 5) *M. maximus* (BRS Quênia); 6) *M. maximus* (BRS Zuri); 7) Milho segunda safra, destinado à produção de grãos; e 8) Pousio, sem produção de biomassa.

A implantação do milho e das forrageiras foi realizada em março de 2023. O milho foi implantado em sistema plantio direto, com 0,5 m de espaçamento e 60 mil plantas ha^{-1} , com a adubação de base e de cobertura para atingir 8 t ha^{-1} de grãos. As forrageiras foram implantadas em sistema plantio direto a 0,17 m de espaçamento e 2 cm de profundidade de deposição das sementes. Foram utilizados 6 kg ha^{-1} de sementes das forrageiras. No final de setembro de 2023, as forrageiras foram dessecadas com glifosato (2,5 kg e.a. ha^{-1}) e a soja foi implantada em outubro, seguindo manejo focado em atingir 5 t ha^{-1} de grãos. Foram avaliadas a quantidade de palha na semeadura da soja; a produtividade da soja com dados corrigidos para 13% de umidade; e os componentes de rendimento número de vagens por m^2 , número de grãos por m^2 e massa de mil grãos. Os componentes de rendimento foram avaliados com base em plantas colhidas em 1 m de fileira por parcela.

Os dados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett para verificação da normalidade de resíduos e homogeneidade de variâncias. Em seguida foram submetidos à análise de variância de teste F. Quando constatados efeitos significativos dos tratamentos, os mesmos foram comparados pelo teste t (LSD). Em todas as análises foi considerado $p < 0,05$.

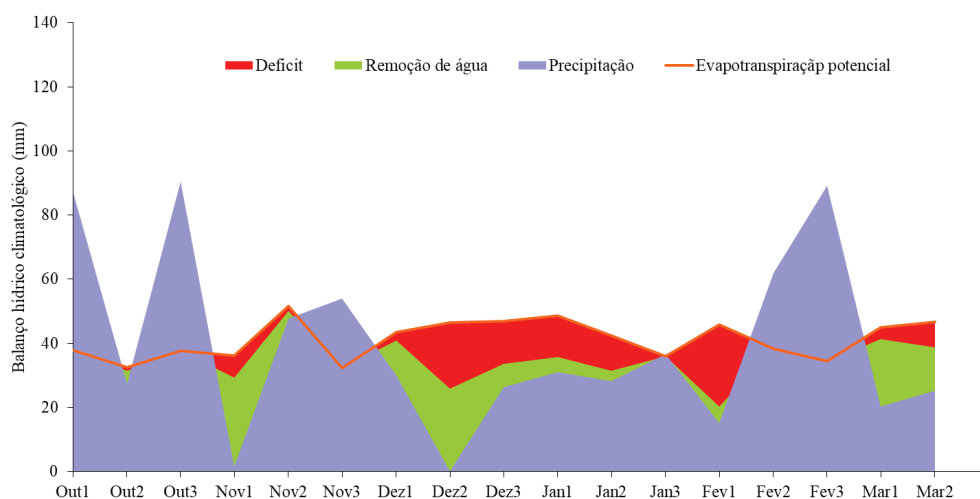


Figura 1. Balanço hídrico climatológico durante o ciclo de desenvolvimento da soja. Londrina, PR, safra 2023/2024.

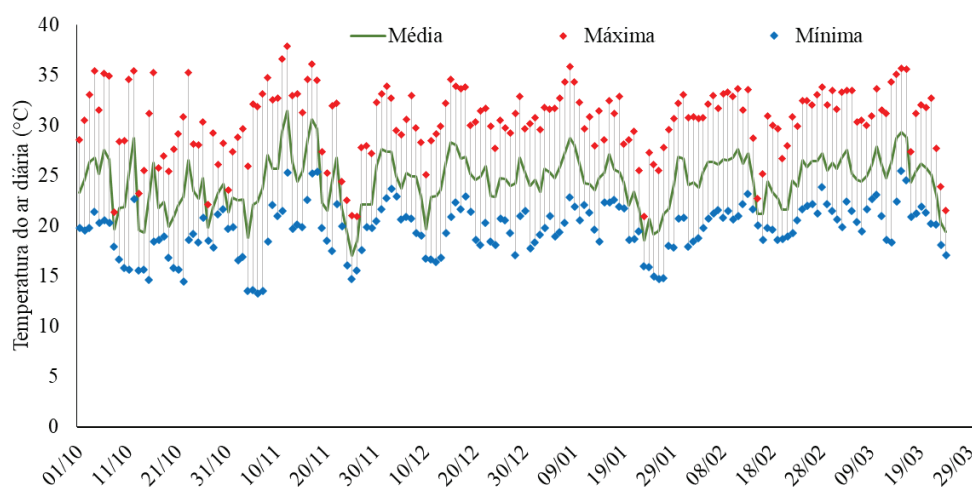


Figura 2. Temperaturas diárias médias, máximas e mínimas do ar durante o ciclo de desenvolvimento da soja. Londrina, PR, safra 2023/2024.

Resultados e discussão

Houve diferenças significativas na quantidade residual de palha entre os tratamentos avaliados (Tabela 1). Ruziziensis, Xaraés e BRS Zuri produziram as maiores quantidades de palha, enquanto que a menor quantidade foi observada no milho segunda safra. O cultivo de BRS Paiaguás, BRS Tamani e BRS Quênia, como coberturas de soja de outono/inverno, conferiram maiores produtividade de grãos de soja em sucessão, em comparação com a BRS Zuri, também cultivada como cobertura, milho segunda safra e pousio. As produtividades médias foram aquém das esperadas em função do déficit hídrico no período de enchimento dos grãos e das altas temperaturas durante o ciclo de desenvolvimento da cultura (Figuras 1 e 2).

Os componentes de rendimento da soja foram significativamente influenciados pelos tratamentos (Tabela 2). O número de vagens e grãos por área e a massa de mil grãos foram maiores com o cultivo de Ruziziensis, Xaraés, BRS Paiaguás e BRS Tamani, em relação ao pousio no outono/inverno. Adicionalmente, o cultivo de BRS Paiaguás conferiu maior número de vagens por área do que o milho segunda safra, enquanto os cultivos de BRS Paiaguás e BRS Tamani conferiram maior número de grãos por área e massa de grãos em relação ao milho segunda safra. O componente de rendimento mais prejudicado pelo déficit hídrico e pelas altas temperaturas foi a massa dos grãos.

Nesse sentido, os resultados mostraram os benefícios do cultivo de coberturas de solo de outono/inverno, principalmente formadas com as forrageiras tropicais BRS Paiaguás, BRS Tamani e BRS Quênia, sobre o desempenho da soja em sucessão e em sistema plantio direto. Essas forrageiras são opções promissoras para substituir a ruziziensis em sistemas de produção de grãos, mas o seu uso em larga escala depende do preço das sementes. Também ficou evidenciada a baixa produtividade da soja em sucessão ao pousio no outono/inverno, demonstrando o grande efeito dos cultivos antecessores sobre a soja. Balbinot Junior et al. (2017) constataram o efeito benéfico das raízes e da parte aérea de braquiárias sobre a soja cultivada em sucessão. O crescimento vigoroso de raízes das forrageiras tropicais contribui para a estruturação do solo e formação de bioporos contínuos, ampliando a infiltração de água no solo e o crescimento de raízes de soja em camadas subsuperficiais (Bertollo et al., 2021). Além disso, a palha das forrageiras tropicais reduz o aquecimento do solo e as perdas de água por evaporação (Ma et al., 2024).

Tabela 1. Quantidade de palha presente sobre o solo no dia da semeadura da soja e produtividade de grãos da oleaginosa em diferentes tratamentos de outono/inverno. Londrina, PR, safra 2023/2024

Tratamentos	Palha na semeadura da soja (kg ha ⁻¹)	Produtividade da soja (kg ha ⁻¹)
Ruziziensis	9263 a ¹	3096 ab
Xaraés	8446 a	3024 ab
BRS Paiaguás	4955 bc	3310 a
BRS Tamani	6410 b	3448 a
BRS Quênia	5587 bc	3474 a
BRS Zuri	8830 a	2592 bc
Milho segunda safra	4483 c	2708 bc
Pousio	-	2395 c
C.V. (%)	21,7	12,8

¹ Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste t (LSD) (p<0,05).

Tabela 2. Componentes do rendimento da soja em diferentes tratamentos de outono/inverno. Londrina, PR, safra 2023/2024

Tratamentos	Número de vagens m ⁻²	Número de grãos m ⁻²	Massa de mil grãos (g)
Ruziziensis	883 ab ¹	2142 ab	128 ab
Xaraés	852 ab	2042 ab	126 ab
BRS Paiaguás	981 a	2494 a	159 a
BRS Tamani	930 ab	2446 a	151 a
BRS Quênia	741 bc	1853 bc	110 bc
BRS Zuri	745 bc	1869 bc	103 bc
Milho segunda safra	738 bc	1764 bc	104 bc
Pousio	582 c	1424 c	85 c
C.V. (%)	16,9	17,7	19,2

¹ Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste t (LSD) (p<0,05).

Conclusões

O cultivo de coberturas de solo de outono/inverno, principalmente formadas com as forrageiras tropicais BRS Paiaguás, BRS Tamani e BRS Quênia, traz benefícios sobre o desempenho da soja em sucessão e em sistema plantio direto.

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, 104820, 2021.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, safra 2023/24, sexto levantamento**, v. 11, n. 6, março 2024. 140 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/gaos>. Acesso em: 20 mar. 2024.
- DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; DIAS, W. P.; RAMOS JUNIOR, E. U.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Cultural practices during the soybean off-season for the control of *Pratylenchus brachyurus*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1720-1728, 2016.
- 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.
- 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, p. 4092-4103, 2020.
- MA, J.; CHANG, L.; LI, Y.; LAN, X.; JI, W.; ZHANG, J.; HAN, F.; CHENG, H.; CHAI, Y.; CHAI, S. Straw strip mulch improves soil moisture similar to plastic film mulch but with a higher net income. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 362, 108855, 2024.
- MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; PARIZ, C. M.; COSTA, N. R.; BORGHI, E.; COSTA, C.; MARTELLO, J. M.; CASTILHOS, A. M.; FRANZLUEBBERS, A. J.; CANTARELLA, H. Corn intercropped with tropical perennial grasses as affected by sidedress nitrogen application rates. **Nutrient Cycling Agroecosystems**, v. 116, p. 223-244, 2020.
- QIN, P.; WANG, T.; LUO, Y. A review on plant-based proteins from soybean: health benefits and soy product development. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 7, 100265, 2022.
- 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, e54650, 2022. 11 p.

Eficiência de antibióticos na inibição da estirpe EHA-105 de *Agrobacterium tumefaciens*

Camila Bayer⁽¹⁾, Maria Teresa Magnani Coppo⁽²⁾, Thais Monteiro Miranda⁽³⁾, Bárbara Nicole Dabolt⁽⁴⁾, Alexandre Lima Nepomuceno⁽⁵⁾, Liliane Marcia Mertz-Henning⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Centro Universitário Filadélfia, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Norte do Paraná, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽³⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. ⁽⁴⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR. ⁽⁵⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

As bactérias são ferramentas importantes para a biotecnologia, dentre as quais podemos destacar *Escherichia coli*, empregada para a clonagem de genes e construção de vetores e *Agrobacterium tumefaciens* que é utilizada na transformação de plantas (Hwang et al., 2017). Desta forma, os antibióticos são importantes agentes seletivos para a seleção de recombinantes e para a inibição do crescimento da *Agrobacterium* sp. após o processo de transformação.

Meropenem (M) é um antibiótico carbapenêmico que tem uma excelente atividade antimicrobiana contra quase todas as bactérias aeróbicas e anaeróbicas clinicamente relevantes, comumente aplicado para o tratamento de infecções contra bactérias resistentes a antibióticos beta-lactâmicos de espectro estendido (Edwards, 1995; Mukhopadhyay et al., 2019). Cefotaxima (CF) é empregada em laboratório para a inibição da *Agrobacterium* spp (Jones; Thornsberry, 1982; Priya et al., 2012; Nauerby et al., 1997). Espectinomicina (SP) e canamicina (CN) são utilizadas em laboratórios de biotecnologia como agentes seletivos, no qual a resistência a esses antibióticos é conferida através de genes integrados as construções dos vetores de clonagem e transformação (Alvarez; Ordás, 2013).

Entretanto, a resistência a antibióticos pode variar de acordo com a estirpe bacteriana utilizada. Para a estirpe EHA-105 de *A. tumefaciens*, que é uma das mais virulentas e eficientes na transformação de plantas, a resistência a antibióticos passa a ser um problema no posterior cultivo *in vitro* (Torregrosa et al., 2002). O cultivo *in vitro* é uma importante etapa após a transformação para o desenvolvimento e regeneração dos explantes, e a contaminação por bactérias é o principal empecilho durante este processo (Scherwinski-Pereira, 2010).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de diferentes antibióticos sobre o crescimento da estirpe EHA-105 de *Agrobacterium tumefaciens*.

Material e métodos

Estirpe bacteriana e preparação do inóculo

A estirpe EHA-105 de *Agrobacterium tumefaciens* foi ativada a partir de um estoque em glicerol (25%) mantido a -80 °C. A ativação foi realizada por esgotamento com o auxílio de uma alça bacteriológica para a obtenção de colônias isoladas. O meio de cultura utilizado foi o LB ágar, preparado seguindo as recomendações do fabricante. A placa de ativação foi incubada por 72h a 28 ± 2 °C no escuro.

O inóculo foi preparado em meio LB líquido suplementado com rifampicina (50 mg/L), a estirpe utilizada apresenta resistência cromossômica a este antibiótico. Foi inoculado uma colônia em 10 mL de meio líquido em tubo falcon de 50 mL, submetido a agitação orbital a 160 rpm e 28 °C por 24 horas.

Após o período de incubação a bactéria atingiu a fase estacionária de crescimento (1,9 em O.D. 600). Esta cultura foi utilizada para avaliação de todos os antibióticos pela metodologia da difusão em poço sobre “top ágar”.

Preparo das placas de difusão em top ágar

Inicialmente foi adicionando cerca de 15 mL de LB ágar (ágar 1,5%), em seguida, após a completa solidificação, foram dispostas a base cortada de ponteiros estéreis de 200 µL sobre o meio, de forma circular e equidistante. As ponteiros, tem como função formar um poço no qual foram posteriormente adicionados os antibióticos.

Paralelamente, foram misturados LB ágar e LB líquido na proporção de 1:1, desta forma, reduzindo a concentração do ágar pela metade (ágar 0,75%). O LB com ágar reduzido foi inoculado com equivalente a 0,4 µL/ mL da cultura estacionária, somente quando o meio apresentava uma temperatura próxima a 40 °C. Imediatamente após a inoculação, 15 mL do meio inoculado foi cuidadosamente vertido no centro das placas previamente preparadas, contendo o LB ágar (1,5%) com as bases das ponteiros dispostas sobre o meio. Após a completa solidificação do meio inoculado (aproximadamente 30 minutos), as ponteiros foram removidas cuidadosamente com o auxílio de uma pinça estéril.

Foram avaliados quatro antibióticos em triplicata, totalizando 12 placas. Os tratamentos consistiram em cinco diferentes concentrações para cada um dos antibióticos. As concentrações avaliadas variaram de acordo com cada antibiótico, no qual a concentração na terceira dose foi definida como o padrão recomendado na literatura. Somente água destilada autoclavada foi utilizada na dose zero. Em cada poço foi adicionado 40 µL do antibiótico em suas respectivas concentrações. Os antibióticos e as concentrações avaliadas estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Antibióticos e suas respectivas concentrações utilizados na inibição do crescimento da estirpe EHA-105.

Antibióticos		Concentrações avaliadas (mg/L)			
Cefotaxima	0	100	200	400	800
Canamicina	0	25	50	100	200
Espectinomicina	0	25	50	100	200
Meropeném	0	12,5	25	50	100

Variáveis analisadas e análise estatística

As avaliações consistiram em medições do diâmetro do halo de inibição realizadas ao 1° , 4° e 6° dias após a inoculação. O experimento foi conduzido em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) e os dados avaliados por ANOVA a 5% de significância e posteriormente ajustados ao modelo de regressão não linear de Mitscherlich, no software Rstudio, utilizando o pacote AgroReg.

Resultados e discussão

Todos os antibióticos avaliados apresentaram efeito de inibição contra a estirpe EHA-105, contudo, a eficiência variou significativamente dependendo do antibiótico e da dose utilizada (Tabela 2). O M e a CF foram os antibióticos que apresentaram a maior inibição, ajustando-se ao modelo não linear de Mitscherlich (Figura 1). As inibições aumentaram rapidamente em função das doses, tendendo a se estabilizar a partir da terceira dose. Para o M, a maior inibição no primeiro dia foi de 3,97 cm na dose de 100 mg/L, entretanto, o uso de concentração quatro vezes menor do antibiótico (25 mg/L), apresentou 75% dessa inibição, sendo, portanto, a dose com melhor custo-benefício.

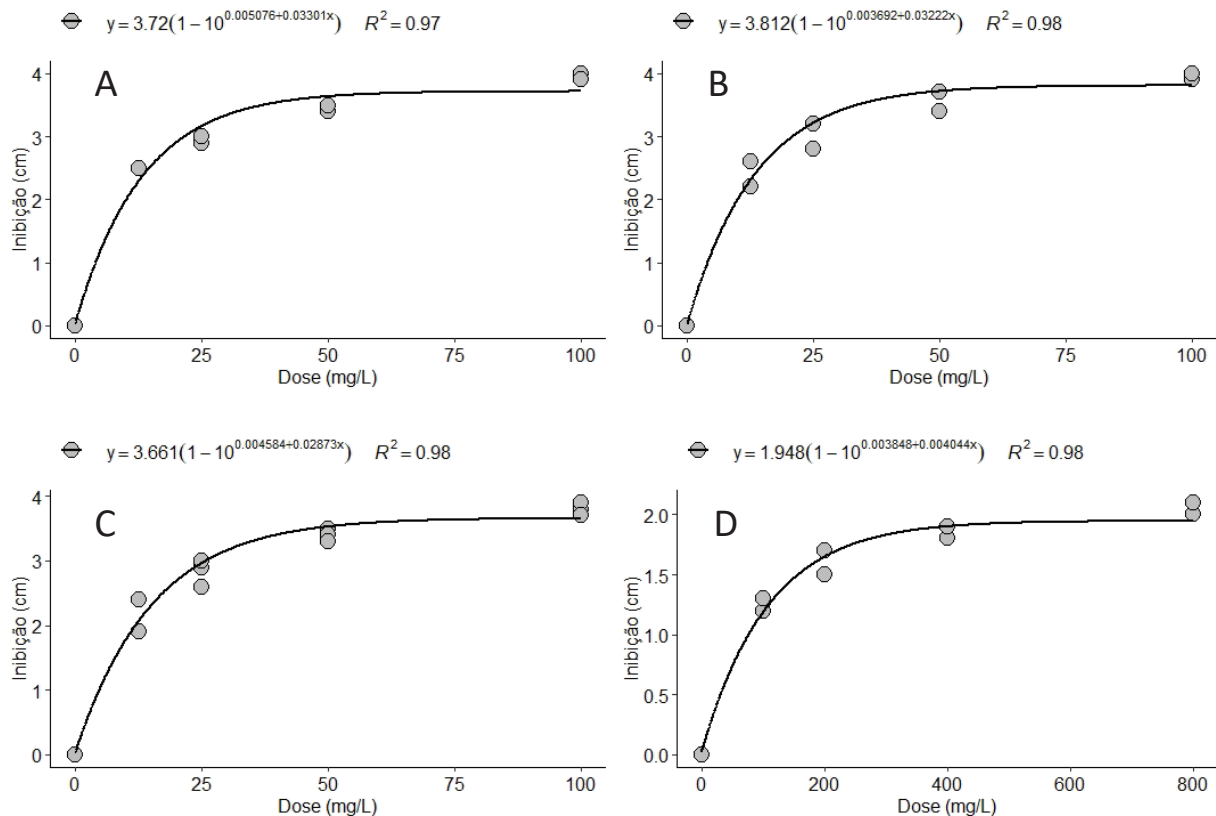
Tabela 2. Médias do halo de inibição de diferentes antibióticos em função das doses no decorrer dos dias de avaliação.

Meropeném							Cefotaxima						
DOSE	1º DIA		4º DIA		6º DIA		DOSE	1º DIA		4º DIA		6º DIA	
0,0	0,00	e	0,00	d	0,00	d	0	0,00	e	0,00	c	0,00	-
12,5	2,50	d	2,47	c	2,23	c	100	1,27	d	0,00	c	0,00	-
25,0	2,97	c	3,07	b	2,83	b	200	1,57	c	0,00	c	0,00	-
50,0	3,43	b	3,60	a	3,40	a	400	1,83	b	1,80	b	0,00	-
100,0	3,97	a	3,97	a	3,80	a	800	2,03	a	2,17	a	1,90	-
CV(%)	1,74		6,39		6,98		CV(%)	5,10		8,61		-	

Canamicina							Espectinomicina						
DOSE	1º DIA		4º DIA		6º DIA		DOSE	1º DIA		4º DIA		6º DIA	
0	0	b	0	b	0	-	0	0	b	0	-	0	-
25	0	b	0	b	0	-	25	0	b	0	-	0	-
50	0	b	0	b	0	-	50	0	b	0	-	0	-
100	0	b	0	b	0	-	100	0	b	0	-	0	-
200	2,5	a	2,4	a	0	-	200	1,1	a	0	-	0	-
CV(%)	-		-		-		CV(%)	-		-		-	

*Médias seguidas das mesmas letras não diferem pelo teste Tukey a 5% de significância.

A CF apresentou o mesmo ajuste de inibição em função das doses, todavia, com uma inibição máxima estimada em 1,95 cm. Em relação ao M, a CF inibiu cerca de 50% menos (Figura 1D). Além de apresentar menor potencial de inibição, a CF mostra-se viável somente na dose de 200 mg/L, cerca de 10x a concentração do M.

**Figura 1.** Ajustes de Mitscherlich do halo de inibição em função da dose. (A) Meropeném dia 1; (B) Meropeném dia 4; (C) Meropeném dia 6; (D) Cefotaxima dia 1.

Para a CN e SP, os desempenhos foram inferiores, havendo somente inibição na maior dose avaliada (200 mg/L), com 2,5 e 1,1 cm de inibição respectivamente (Tabela 2). Estes resultados não eram esperados, uma vez que, a estirpe utilizada não apresentava nenhum tipo de resistência a esses antibióticos, sendo estes comumente utilizados como agentes seletivos em vetores de transformação, na concentração de 50 mg/L (Brasileiro; Carneiro, 1998). Apesar disso, a utilização destes antibióticos em meio líquido inibe o crescimento bacteriano, não sendo recomendado o seu uso em meio semissólido.

Progressivamente, observou-se uma perda da atividade antimicrobiana e o crescimento da bactéria nas placas contendo os antibióticos CF, CN e SP. A redução da atividade, foi evidente na CF, na qual as doses de 400 e 800 mg/L apresentaram alguma inibição no 4º dia e somente a maior dose no 6º dia. Não foi observada nenhuma inibição no 4º e 6º dia para SP e para CN no 6º dia (Tabela 2). Todavia o M mostrou-se estável no decorrer de todo o período. Contudo a estabilidade do M pode variar dependendo da solução de reconstituição do antibiótico, da concentração final e da temperatura (Patel; Cook, 1997).

Conclusões

Meropeném foi o melhor antibiótico para a inibição da estirpe EHA-105 de *Agrobacterium tumefaciens*, o qual apresentou o melhor custo-benefício, estabilidade e eficiência. A dose recomendada é a de 25 mg/L.

Referências

ALVAREZ, J. M.; ORDÁS, R. J. Stable *Agrobacterium*-mediated transformation of maritime pine based on kanamycin selection. **The Scientific World Journal**, v. 2013, 681792, 2013. DOI: 10.1155/2013/681792.

BRASILEIRO, A. C. M.; CARNEIRO, V. T. de C. (ed.). **Manual de transformação genética de plantas**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI; EMBRAPA-CENARGEN, 1998. 309 p.

EDWARDS, J. R. Meropenem: a microbiological overview. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, v. 36, suppl_A, p. 1-17, 1995.

HWANG, H.; YU, M.; LAI, E. *Agrobacterium*-mediated plant transformation: biology and applications. **The Arabidopsis Book**, v. 15, e0186, 2017. DOI: 10.1199/tab.0186.

JONES, R. N.; THORNSBERRY, C. Cefotaxime: a review of in vitro antimicrobial properties and spectrum of activity. **Reviews of Infectious Diseases**, v. 4, n. suppl. 2, p. S300-S315, 1982.

MUKHOPADHYAY, S.; WADE, K. C.; PUOPOLO, K. M. Drugs for the prevention and treatment of sepsis in the newborn. **Clinics in Perinatology**, v. 46, n. 2, p. 327-347, 2019.

NAUERBY, B.; BILLING, K.; WYNDAELE, R. Influence of the antibiotic timentin on plant regeneration compared to carbenicillin and cefotaxime in concentrations suitable for elimination of *Agrobacterium tumefaciens*. **Plant Science**, v. 123, n. 1-2, p. 169-177, 1997.

PATEL, P. R.; COOK, S. E. Stability of meropenem in intravenous solutions. **American Journal of Health-System Pharmacy**, v. 54, n. 4, p. 412-421, 1997.

PRIYA, A. M.; PANDIAN, S. K.; MANIKANDAN, R. The effect of different antibiotics on the elimination of *Agrobacterium* and high frequency *Agrobacterium*-mediated transformation of indica rice (*Oryza sativa* L.). **Czech Journal of Genetic Plant Breeding**, v. 48, n. 3, p. 120-130, 2012. DOI: 10.17221/77/2011-CJGPB

SCHERWINSKI-PEREIRA, J. E. (ed.). **Contaminações microbianas na cultura de células, tecidos e órgãos de plantas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 446 p.

TORREGROSA, L.; IOCCO, P.; THOMAS, M. R. Influence of *Agrobacterium* strain, culture medium, and cultivar on the transformation efficiency of *Vitis vinifera* L. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 53, n. 3, p. 183-190, 2002.

Métodos de infecção de *Agrobacterium rhizogenes* sobre o crescimento de raízes na transformação transiente de explantes de soja *in vitro*

Maria Teresa Magnani Coppo⁽¹⁾, Camila Bayer⁽²⁾, Bárbara Nicole Dabolt⁽³⁾, Thais Monteiro Miranda⁽⁴⁾, Alexandre Lima Nepomuceno⁽⁵⁾, Liliâne Marcia Mertz-Henning⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Norte do Paraná, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Estudante de Agronomia, Centro Universitário Filadélfia, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽³⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR. ⁽⁴⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. ⁽⁵⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

A biotecnologia é uma importante ferramenta utilizada na indústria, na saúde e também na agricultura, onde o uso de ferramentas biotecnológicas permitiu significativos avanços de produtividade principalmente em commodities como milho e soja. Esses incrementos estão principalmente associados a transgenias que conferem às plantas resistência a herbicidas e a pragas (Azadi et al., 2015). De acordo com Scandizzo e Savastano (2010), o uso de culturas transgênicas permitiu grandes incrementos de produtividade, sendo considerada uma revolução nos sistemas agrícolas quando comparado às técnicas utilizadas no final dos anos 1980. Em soja, a produtividade na safra 2009/2010 foi de aproximadamente 2,9 t/ha e alcançou 3,5 t/ha na safra de 2022/2023, sendo que parte deste aumento nas taxas de produtividade se deve a adoção dos cultivos transgênicos associados a melhores práticas agrícolas e ganhos genéticos (Conab, 2024).

Apesar dos benefícios na transformação genética de plantas, a regulamentação de OGMs (Organismos Geneticamente Modificados) é onerosa e demanda a aprovação de diversas agências reguladoras, o que torna o processo lento e burocrático. Atualmente, novas técnicas como a edição gênica via CRISPR permite a manipulação de genes sem a incorporação de elementos exógenos ao genoma da planta, podendo assim ser considerado como um organismo geneticamente modificado não transgênico (Van Vu et al., 2022).

As técnicas de transformação de plantas são geralmente trabalhosas, com baixa eficiência e na qual cultivares elites são recalcitrantes aos processos de transformação, o que resulta no aumento do tempo necessário desde a transformação até posterior avaliação fenotípica (Son; Park, 2022). A escolha dos genes candidatos à edição é chave para garantir o sucesso do procedimento, uma vez que a edição de um único gene pode resultar em respostas parciais ou nulas, devido à existência de genes homólogos ou em múltiplas cópias. Outra limitação é a baixa eficiência dos RNA guias no processo de edição (Naim et al., 2020).

A transformação transiente é uma abordagem mais simples e rápida que permite a validação de múltiplos guias na edição de diferentes genes candidatos. A transformação mediada por *Agrobacterium rhizogenes* em soja resulta na geração de raízes transgênicas, as quais podem ser posteriormente sequenciadas para confirmação da edição gênica desejada. No entanto, o desenvolvimento e crescimento das raízes podem ser afetados de acordo com as diferentes metodologias de infecção (Kereszt et al., 2007; Ron et al., 2014).

O método mais comumente utilizado na transformação com *A. rhizogenes* é a infiltração a vácuo, que consiste na aplicação de vácuo nos explantes na presença do caldo bacteriano permitindo assim que as bactérias se infiltrem nos tecidos da radícula (Arun et al., 2015; Theboral et al., 2017). Outro método utilizado é a realização de injúrias nos tecidos, as quais podem ser realizadas por perfurações ou pequenas raspagens de forma mecânica, com o auxílio de um bisturi ou uma pequena escova metálica (*brush*) (Yamada et al., 2010). Ambos os métodos apresentam vantagens, o vácuo pela padronização, rapidez e menor demanda de trabalho e o *brush* pela simplicidade, por não requerer nenhum equipamento ou etapa adicional.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e desenvolvimento radicular de explantes de soja transformados com diferentes métodos de infecção por *Agrobacterium rhizogenes*.

Material e métodos

Inóculo e material vegetal

A estirpe de *A. rhizogenes* utilizada foi K599, transformada com o vetor pRAF-17-Tc. Uma placa de ativação foi preparada com meio LB ágar suplementado com os antibióticos tetraciclina (5 mg/L) e espectinomicina (50 mg/L). A placa foi estriada a partir de um estoque em glicerol mantido a -80 °C, e posteriormente incubada a 28 °C no escuro por 4 dias para a obtenção de colônias isoladas. O inóculo foi preparado a partir de uma única colônia, crescida em 100 mL de meio LB líquido em um erlenmeyer de 250 mL. O meio foi suplementado com os antibióticos descritos acima, e mantido sob agitação em shaker orbital a 160 rpm por 3 dias.

Sementes selecionadas da cultivar BRS 573 foram esterilizadas por expurgo em gás cloro. Aproximadamente 70 sementes foram colocadas em placas de petri de 60 mm de diâmetro mantidas abertas em um recipiente com tampa hermética, contendo 100 mL de hipoclorito de sódio comercial (2,5%) em um béquer ao qual foi adicionado 5 mL de ácido clorídrico concentrado (36 %), para liberação do gás cloro e o recipiente foi fechado. As sementes permaneceram por 16 h em expurgo, posteriormente as placas foram fechadas e seladas com plástico filme e mantidas em refrigeração (4 °C) até o momento do uso.

Transformação e condições de cultivo

As sementes esterilizadas foram entumecidas em placas de petri contendo meio de germinação, com sais da formulação Gamborg, suplementados com 3 % de sacarose e gelificado com 0,6 % de ágar bacteriológico. As sementes foram dispostas sobre o meio com o hilo para baixo, adicionados cerca de 6 mL de água estéril e em seguida as placas foram incubadas em câmara de crescimento a 28 °C e e fotoperíodo de 16h:8h, por 20h.

No dia da transformação o inóculo previamente crescido foi subdividido em 4 tubos falcon de 50 mL e centrifugado a 3.300 x g por 15 minutos. O sobrenadante foi descartado e o pellet bacteriano ressuscitado em meio de co-cultivo (CCM), após a ressuspensão foi adicionado 2 µL/mL de acetoseringona (1M), e reservada até o momento da inoculação.

Foram realizados 4 diferentes métodos de infecção: vácuo e *brush*, com e sem o meristema radicular. Em câmara de fluxo laminar, as sementes foram cortadas ao meio no hilo mantendo o embrião íntegro, as partes contendo o embrião foram imersas em água estéril dentro de uma placa de petri para facilitar a remoção do tegumento, em seguida foram transferidas para uma outra placa contendo o inóculo previamente preparado.

Para os tratamentos que tiveram o meristema radicular removidos, cerca de 2 mm da radícula do embrião foi cortada com o auxílio de um bisturi. Nos tratamentos com o *brush*, suaves raspagens foram realizadas na região correspondente a radícula. Em vácuo, o inóculo e as sementes foram transferidas para um tubo falcon 50 mL e colocadas dentro de um dessecador no qual com auxílio de uma bomba de vácuo foi aplicado um vácuo de 34 KPa por 2 minutos. Os explantes foram então transferidos para os potes de polipropileno (250 mL) contendo 30 mL de meio ágar-água suplementado com IBA (1 mg/mL). Os potes foram transferidos para a câmara de crescimento (28 °C e fotoperíodo de 16h:8h) e mantidos por 10 dias.

Parâmetros avaliados e análises estatísticas

Foram avaliados o comprimento da maior raiz (CMR), a área radicular total (ART), a massa seca de raízes (MSR), e a contagem do número de plantas com sistema radicular bem desenvolvido (N°R). O CMR foi mensurado com uma régua da região do colo até a ponta da maior raiz. A ART foi estimada através de imagens pelo programa SISCOB. A MSR foi obtida pela pesagem em balança analítica após a secagem das raízes em estufa de circulação de ar forçado a 45 °C por 3 dias. O N°R foi obtido por contagem, avaliando a frequência de raízes consideradas bem desenvolvidas, que apresentavam no mínimo 3 raízes com 4 cm de comprimento.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x2, sendo dois níveis de injúria (vácuo e *brush*) e com e sem a remoção do meristema apical da raiz. Cada tratamento foi realizado com 4 repetições, sendo cada repetição um pote contendo 10 explantes. Os dados foram testados quanto a normalidade e homogeneidade de variância e posteriormente analisados por ANOVA a 5 % de significância, e as médias separadas pelo teste de Tukey, pelo software estatístico Rstudio, utilizando o pacote AgroR.

Resultados e discussão

De acordo com a análise de variância, não foi observado interação entre os fatores injúria e corte, para nenhuma das variáveis analisadas. Em relação aos fatores principais isolados, o corte não apresentou diferenças significativas, entretanto, para o fator injúria foram observadas significâncias para todas as variáveis (Tabela 1)

Tabela 1. Probabilidade de erro de acordo com a análise de variância (ANOVA), dos fatores, injúria, corte e da interação. (CMR) - Comprimento da maior raiz, (MSR) - Massa seca de raízes, (ART) - Área radicular total e (N°R) - Número de plântulas com raízes desenvolvidas.

	Pr(F)			
	CMR	MSR	ART	N°R
INJÚRIA	0.0249	0.0198	0.0162	0.0009
CORTE	0.5452	0.7565	0.8380	0.0866
INJ x COR	0.6398	0.3542	0.8685	0.5455

O desenvolvimento e crescimento radicular foi afetado principalmente pelo tipo de injúria, sendo a infiltração a vácuo o método que propiciou os melhores resultados. Para o CMR, os tratamentos que receberam a injúria pelo *brush* tiveram médias de 5,14 cm, quando a injúria foi realizada através do vácuo infiltração, o comprimento médio foi de 7,08 cm, correspondendo a um incremento de 37,7 %. Para a MSR, as médias foram de 0,049 para 0,066 entre os tratamentos *brush* e vácuo respectivamente, resultando em 34,7 % de incrementos. Para a ART, os ganhos foram ainda mais expressivos, correspondendo a 51,1 % de aumento onde as médias foram de 12,65 para 19,11 cm²/pote com a utilização do vácuo (Tabela 2).

Vale considerar que, como cada repetição (pote) corresponde à média de 10 explantes, a quantidade de explantes que apresentaram sistema radicular com um bom desenvolvimento (N°R) é um parâmetro relevante a ser considerado, uma vez que a desuniformidade entre os indivíduos dentro de cada repetição não é representada, quando considerado somente o valor médio. Assim, quando analisado o (N°R) ficou evidente que a utilização do vácuo também proporcionou o maior número de plantas com o sistema radicular bem desenvolvido, passando de 3,25 para 6,75 (Tabela 2).

Uma das prováveis causas do melhor desempenho do vácuo em relação ao *brush* é devido a uma menor manipulação do explante, além de ser uma forma de infecção menos agressiva, resultando, em menores danos aos tecidos que permitiu o desenvolvimento de forma mais natural. Em contrapartida, o *brush* resulta em lesões e ferimentos mecânicos nos tecidos do embrião, o

qual, devido à sensibilidade dos períodos iniciais de desenvolvimento, têm maior dificuldade em se desenvolver e crescer, devido a um aumento da oxidação resultante dessas injúrias.

Apesar dos resultados benéficos na utilização do vácuo e da importância de um bom desenvolvimento radicular, vale ressaltar que a eficiência de transformação não foi avaliada no presente trabalho, a qual será realizada posteriormente. De acordo com Yamada et al. (2010), a utilização do brush é recomendada para a transformação de explantes visando a obtenção de brotações, na qual a eficiência de transgenia está ao redor de 4 %, por sua vez a eficiência de transformação utilizando a vácuo infiltração combinado a sonicação, pode atingir até 76 % dependendo da estirpe de *A. rhizogenes* utilizada (Theboral et al., 2017).

Tabela 2. Médias das variáveis: (CMR) - Comprimento da maior raiz, (MSR) - Massa seca de raízes, (ART) - Área radicular total e (N°R) - Número de plântulas com raízes desenvolvidas, de explantes submetidos a transformação *A. rhizogenes*, inoculadas por (B) - Brush ou (V) - Vácuo infiltração, com o meristema radicular (NC) - Não cortado e (C) - Cortado.

CMR						
	NC		C		Média	CV(%)
B	5.20	Ba*	5.09	Ba	5.14	B
V	7.50	Aa	6.66	Aa	7.08	A
Média	6.35	a	5.88	a		24.71
MSR						
	NC		C		Média	CV(%)
B	0.051	Ba	0.047	Ba	0.049	B
V	0.062	Aa	0.070	Aa	0.066	A
Média	0.057	a	0.059	a		21.84
ART						
	NC		C		Média	CV(%)
B	13.09	Ba	12.22	Ba	12.65	B
V	19.16	Aa	19.06	Aa	19.11	A
Média	16.12	a	15.64	a		29.1
N°R						
	NC		C		Média	CV(%)
B	4.25	Ba	2.25	Ba	3.25	B
V	7.25	Aa	6.25	Aa	6.75	A
Média	5.75	a	4.25	a		32.15

*Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas entre linhas e minúsculas dentro da linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Conclusões

A utilização da vácuo-infiltração como método de injúria foi superior ao “método de *brush*” no desenvolvimento e crescimento radicular de explantes de soja transformados com *Agrobacterium rhizogenes*.

O corte do meristema apical radicular não resultou em alterações significativas, nos parâmetros de enraizamento.

Referências

- ARUN, M.; SUBRAMANYAM, K.; MARIASHIBU, T. S.; THEBORAL, J.; SHIVANANDHAN, G.; MANICKAVASAGAM, M.; GANAPATHI, A. Application of sonication in combination with vacuum infiltration enhances the *Agrobacterium*-mediated genetic transformation in Indian soybean cultivars. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 175, n. 4, p. 2266-2287, 2015. DOI: 10.1007/s12010-014-1360-x.
- AZADI, H.; GHANIAN, M.; GHOOCHANI, O. M.; RAFIAANI, P.; TANING, C. N. T.; HAJIVAND, R. Y.; DOGOT, T. Genetically modified crops: towards agricultural growth, agricultural development, or agricultural sustainability? **Food Reviews International**, v. 31, n. 3, p. 195-221, 2015. DOI: 10.1080/87559129.2014.994816.
- CONAB. **Série histórica das safras: soja**. [2024]. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/911-soja>. Acesso em: 25 jun. 2024.
- KERESZT, A.; LI, D.; INDRASUMUNAR, A.; NGUYEN, C. D.; NONTACHAIYAPOOM, S.; KINKEMA, M.; GRESSHOFF, P. M. *Agrobacterium rhizogenes*-mediated transformation of soybean to study root biology. **Nature protocols**, v. 2, n. 4, p. 948-952, 2007. DOI: 10.1038/nprot.2007.141.
- 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, n. 1, p. e0227994, 2020. DOI: 10.1371/journal.pone.0227994.
- RON, M.; KAJALA, K.; PAULUZZI, G.; WANG, D.; REYNOSO, M. A.; ZUMSTEIN, K.; GARCHA, J.; WINTÉ, S.; MASSON, H.; INAGAKI, S.; FEDERICI, F.; SINHA, N.; DEAL, R. B.; BAILEY-SERRES, J.; BRADY, S. M. Hairy root transformation using *Agrobacterium rhizogenes* as a tool for exploring cell type-specific gene expression and function using tomato as a model. **Plant Physiology**, v. 166, n. 2, p. 455-469, 2014. DOI: 10.1104/pp.114.239392.
- SCANDIZZO, P. L.; SAVASTANO, S. The adoption and diffusion of gm crops in United States: a real option approach. **AgBioForum**, v. 13, p. 142-157, 2010.
- SON, S.; PARK, S. R. Challenges facing CRISPR/Cas9-based genome editing in plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 902413, 2022. DOI:10.3389/fpls.2022.902413.
- THEBORAL, J.; ARUN, M.; MANICKAVASAGAM, M.; NATESAN, S.; GANAPATHI, A. Sonification and vacuum infiltration enhanced *Agrobacterium rhizogenes* mediated transformation in soybean. **Innovare Journal of Agriculture Science**, v. 5, n. 2, p. 1-8, 2017.
- VAN VU, T.; DAS, S.; HENSEL, G.; KIM, J. Y. Genome editing and beyond: what does it mean for the future of plant breeding? **Planta**, v. 255, n. 6, p. 130, 2022. DOI: 10.1007/s00425-022-03906-2.
- YAMADA, T.; WATANABE, S.; ARAI, M.; HARADA, K.; KITAMURA, K. Cotyledonary node pre-wounding with a micro-brush increased frequency of *Agrobacterium*-mediated transformation in soybean. **Plant Biotechnology**, v. 27, n. 2, p. 217-220, 2010. DOI: 10.5511/plantbiotechnology.27.217.

Interação e competitividade entre *Telenomus remus* e *Trichogramma pretiosum* em ovos de *Spodoptera frugiperda*

Emanuel Antonio Toloi Fróio⁽¹⁾, Weidson Plauter Sutil⁽²⁾, Leonardo Roswadoski⁽²⁾, Gabriel Siqueira Carneiro⁽²⁾, Adeney de Freitas Bueno⁽³⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Norte do Paraná, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR.

⁽²⁾ Estudante de Pós-Graduação em Entomologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

⁽³⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

Devido à sua capacidade de dispersão e alto potencial destrutivo, a lagarta-do-cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), é uma das principais pragas agrícolas do mundo (Yainna et al., 2022). A maior relevância de *S. frugiperda* ocorre na cultura do milho e, apesar da adoção de cultivares de milho que expressam a proteína da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt), o controle químico ainda é o principal método de controle adotado nas principais regiões produtoras (Van Den Berg; Du Plessis, 2022). O uso excessivo de inseticidas sintéticos, contudo, causa eliminação de inimigos naturais, ressurgência de pragas secundárias e contaminação ambiental e humana (Burtet et al., 2017; Bueno et al., 2021).

Alternativas aos inseticidas convencionais incluem os parasitoides de ovos, utilizados no controle biológico aumentativo (CBA), uma ferramenta sustentável aplicada em milhões de hectares anualmente (Van Lenteren et al., 2018). O CBA é uma importante ferramenta utilizada no Manejo Integrado de Pragas (MIP), que tem como base a liberação massiva de inimigos naturais para controlar rapidamente pragas de forma seletiva, sem efeitos nocivos ao meio ambiente ou a saúde humana. Entre os agentes de CBA, os parasitoides de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e *Telenomus remus* (Nixon, 1937) (Hymenoptera: Scelionidae) se destacam como os de maior potencial para manejo de ovos de *S. frugiperda* (Colmenarez et al., 2022; Li et al., 2023). Os parasitoides de ovos controlam a praga antes de causar danos às plantas. Sua ação específica contra a praga alvo apesar de benéfica também se torna um desafio, pois agricultores enfrentam a ocorrência de múltiplas espécies de pragas simultaneamente (Bueno et al., 2023). Nesse contexto, a exemplo dos inseticidas químicos que podem conter múltiplos ingredientes ativos, aumentando a eficácia e o espectro de ação dos produtos, a combinação de duas espécies de parasitoides pode seguir essa lógica, aumentando a eficiência ou espectro de ação do produto biológico.

Trichogramma pretiosum é uma espécie de hábito generalista e possui registro para ser utilizado como bioproduto por agricultores brasileiros, diferente de *Te. remus*. Porém, embora *Tr. pretiosum* seja comercializado no Brasil para diversas pragas, possui menor capacidade de parasitismo quando se trata de ovos de *S. frugiperda* se comparado a *Te. remus* (Bueno et al., 2023). Portanto, o uso isolado de *Tr. pretiosum* no manejo dessa espécie tende a ser insuficiente.

Estudos mostraram que a combinação de *Tr. pretiosum* (90%) com *Te. remus* (10%) tem potencial de parasitismo semelhante ao uso de *Te. remus* (100%) (Goulart et al., 2011). Essa estratégia pode utilizar maiores quantidades de um parasitoide mais barato, com ação complementada por um parasitoide mais caro, garantindo maior biodiversidade e melhor controle biológico ao longo do tempo. Nesse contexto, o objetivo do trabalho é avaliar a combinação de *Te. remus* e *Tr. pretiosum* no manejo de ovos de *S. frugiperda* em laboratório, para entender possíveis efeitos sinérgicos ou antagonistas dessa interação.

Material e métodos

O estudo foi conduzido no laboratório de parasitoides da Embrapa Soja em condições controladas de temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas em estufa BOD. Foi utilizado delineamento experimental inteiramente casualizado, com três tratamentos e 20 repetições utilizando ovos de *S. frugiperda* provenientes do laboratório de criação de insetos da Embrapa Soja. Já os adultos de *Tr. pretiosum* e *Te. remus* foram provenientes do laboratório de parasitoides da Embrapa Soja.

Neste experimento, a competição interespecífica entre *Tr. pretiosum* e *Te. remus* foi avaliada sob três condições diferentes (tratamentos): (1) massas de ovos inicialmente parasitadas por *Tr. pretiosum* por 24 horas e subsequentemente fornecidas para *Te. remus* por mais 24 horas de parasitismo; (2) massa de ovos oferecidas para parasitismo de *Te. remus* por 24 horas, seguido por *Tr. pretiosum* por outras 24 horas seguintes; e (3) fêmeas de ambos os parasitoides tiveram acesso simultâneo às massas de ovos por 24 horas.

Uma replicação consistiu em uma fêmea da respectiva espécie e por uma massa de ovo contendo aproximadamente 120 ovos de *S. frugiperda* (<24 h de idade), que foram fornecidos para o parasitismo por fêmeas copuladas, sem experiência de oviposição e com menos de 24 horas de idade, além das espécies de parasitoides. As massas de ovos foram expostas ao parasitismo em tubos de vidro medindo 7,5 cm de comprimento e 1,0 cm de diâmetro, com gotas de mel puro depositadas nas paredes do tubo de vidro como forma de alimentação para os adultos dos parasitoides. Os tubos foram selados com filmes PVC e armazenados em câmaras a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de UR e fotoperíodo de 14:10 h luz/escuro. As larvas de *S. frugiperda* emergidas dos ovos não parasitados foram contadas e removidas das massas de ovos uma vez ao dia para evitar o canibalismo dos ovos.

Após o período de parasitismo, as fêmeas foram removidas dos tubos de vidro, e as massas de ovos parasitadas foram observadas diariamente até a emergência dos adultos dos parasitoides. Os parasitoides emergidos foram então separados por espécie e contabilizados. Os parâmetros biológicos avaliados neste experimento foram o número de parasitoides emergidos e porcentagem de emergência. Os ovos com parasitismo, mas sem emergência foram dissecados para verificar a espécie no seu interior.

Análises estatísticas

Os dados de parasitismo e emergência (%) foram submetidos às análises exploratórias de normalidade, homogeneidade e análise de variância, e quando diferenças estatísticas foram observadas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A contribuição relativa de cada espécie para o parasitismo total foi comparada com o teste qui-quadrado. Todas as análises foram realizadas no software estatístico R (R Core Team, 2023).

Resultados e discussão

O número de parasitoides emergidos diferenciou em todos os tratamentos ($p < 0,05$). Em todas as sequências de parasitismo avaliadas, as massas de ovos avaliadas, *Te. remus* apresentou maior número de parasitoides emergidos em comparação a *Tr. pretiosum* (Figura 1A). Esse resultado é esperado uma vez que *Te. remus* é um parasitoide específico de *S. frugiperda* e seu maior potencial é demonstrado justamente pela maior capacidade de parasitismo de ovos dessa espécie.

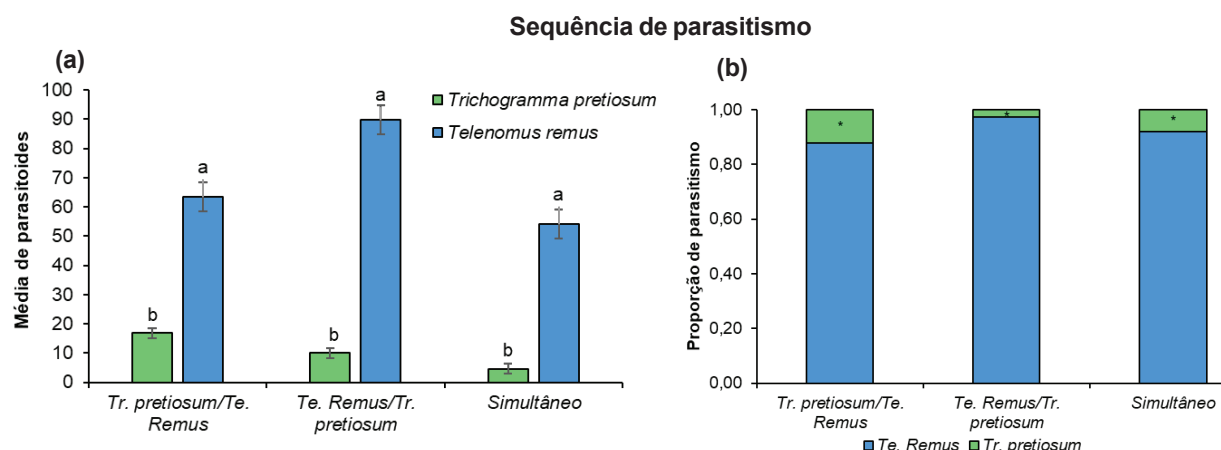


Figura 1. (A) Média de adultos de *Telenomus remus* e *Trichogramma pretiosum* emergidos de massas de ovos de *Spodoptera frugiperda*. Médias seguidas por letras diferentes indicam diferenças estatísticas no desempenho de cada espécie de parasitoide Tukey ($p < 0,05$). (B) Contribuição de *Te. remus* e *Tr. pretiosum* para o número total de parasitoides emergidos sob diferentes condições de competição. Asteriscos indicam diferenças estatísticas na contribuição das espécies de acordo com a ordem de acesso às massas de ovos e de acordo com o teste qui-quadrado ($p < 0,05$).

O maior número de parasitoides de *T. remus* ($89,7 \pm 4,41$) e *Tr. pretiosum* ($16,8 \pm 2,40$) emergidos foi observado quando ambas as espécies tiveram acesso primeiro aos ovos. Quando colocados em situação de parasitismo simultâneo, o parasitismo de ambas as espécies reduziu, indicando que a junção dessas duas espécies pode levar a uma ação antagônica e indesejável entre eles, reduzindo a eficiência do controle biológico. Sob condições competitivas, as alterações físicas e/ou químicas feitas pelos parasitoides nos hospedeiros podem inibir o parasitismo por outra espécie.

Notavelmente, a diferença na contribuição de cada espécie para o número total de parasitoides emergidos foi estatisticamente diferente ($\chi^2 = 6,34$; $df = 2$; $p < 0,0397$) (Figura 1B), com ampla predominância de *Te. remus*. Os resultados observados com o número de parasitoides emergidos de *Te. remus* consistentemente maior do que o observado para *Tr. pretiosum* em todos os experimentos, é consistente com estudos anteriores que demonstraram um desempenho superior de *Te. remus* em comparação com espécies de *Trichogramma* para parasitar ovos de *S. frugiperda* (Dong et al., 2021; Fortes et al., 2023). Essa baixa capacidade de parasitismo de *Tr. pretiosum* ocorre devido ao hábito de oviposição de *S. frugiperda* e outras lagartas do complexo *Spodoptera* de ovipositar em camadas sobrepostas (Kasige et al., 2022), além de depositar muitas escamas das mariposas sobre as posturas, funcionando como barreiras físicas ao parasitismo (Dong et al., 2021). Essa estratégia de defesa nas posturas de *Spodoptera* spp. reduz a capacidade de parasitismo de diversas espécies do gênero *Trichogramma*, que encontram dificuldades em parasitar ovos sob uma grande quantidade de escamas, assim como ovos nas camadas internas das massas de ovos, conseguindo parasitar apenas os ovos mais expostos (Cave, 2000; Beserra; Parra, 2005; Dong et al., 2021).

Cerca de 50% das massas de ovos foram parasitadas por ambas as espécies de parasitoides quando *Tr. pretiosum* teve o primeiro acesso ao parasitismo. Em contraste, quando *Te. remus* teve o acesso aos ovos antes de *Tr. pretiosum* na sequência de parasitismo, apenas 25% das massas de ovos foram parasitadas por ambas as espécies. Por fim, quando ambas as espécies competiram simultaneamente pelo parasitismo, 30% das massas de ovos foram parasitadas por ambas as espécies. Considerando que houve uma redução no parasitismo quando ambas as espécies parasitaram simultaneamente, os resultados sugerem que há uma possível competição dos parasitoides em parasitar na presença de uma segunda espécie. Além disso, a emergência de *Tr. pretiosum* ($79,75 \pm 2,17$) reduziu significativamente quando *Te. remus* realizou o parasitismo posteriormente, em comparação com o cenário de parasitismo de *Tr. pretiosum* ($90,0 \pm 1,22$) como o segundo parasitoide, e ainda maior quando no simultâneo ($63,04 \pm 5,23$). (Tabela 1). Esse cenário pode indicar uma situação de competição por ovos já parasitados.

Tabela 1. Porcentagem (média $\pm$ erro padrão) de emergência de *Telenomus remus* e *Trichogramma pretiosum* nos diferentes tratamentos avaliados.

Espécie	Tratamentos (sequência de parasitismo)		
	<i>Tr. pretiosum</i> / <i>Te. remus</i>	<i>Te. remus</i> / <i>Tr. pretiosum</i>	Simultâneo
<i>Tr. pretiosum</i>	79,8 $\pm$ 2,17 a	90,0 $\pm$ 1,22 a	63,04 $\pm$ 5,23 b
<i>Te. remus</i>	84,2 $\pm$ 5,74 a	90,4 $\pm$ 5,32 a	81,8 $\pm$ 4,96 a
CV (%)	16,14	13,13	16,01
F	0,0678	0,2045	0,0031

Médias $\pm$ erro padrão, seguidas da mesma letra na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Considerando também que em milho *Helicoverpa* spp. têm sua ocorrência usualmente posterior ao ataque de *S. frugiperda*, já na fase de pendoamento, a mistura de *Tr. pretiosum* e *Te. remus* poderia ser uma alternativa para o controle biológico de ovos de *S. frugiperda* e *Helicoverpa* spp. em substituição as liberações exclusivas de *Trichogramma* spp. ou *Te. remus*. reduzindo custos do uso exclusivo de *Te. remus* e ainda aumentar o espectro de ação do controle biológico com ambos os parasitoides. Estes resultados obtidos são importantes para o desenvolvimento de programas de controle biológico, pois destacam a necessidade de considerar a interação competitiva entre diferentes espécies de parasitoides. A introdução simultânea de ambos os parasitoides devem ser cuidadosamente avaliados para evitar a redução na eficiência do controle biológico de *S. frugiperda*.

Conclusões

Os resultados obtidos sugerem que a interação entre *Telenomus remus* e *Trichogramma pretiosum* no controle de ovos de *Spodoptera frugiperda*, nas condições deste estudo, não apresentou efeito aditivo ou sinérgico. É importante considerar esses resultados em conjunto com outros estudos da literatura para aprimorar a compreensão dessa possível interação/competição entre essas espécies.

Referências

- BESERRA, E. B.; PARRA, J. R. P. Impact of the number of *Spodoptera frugiperda* egg layers on parasitism by *Trichogramma atopovirilia*. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 2, p. 190-193, 2005.
- BUENO, A. de F.; PANIZZI, A. R.; HUNT, T. E.; DOURADO, P. M.; PITTA, R. M.; GONÇALVES, J. Challenges for adoption of Integrated Pest Management (IPM): the soybean example. **Neotropical Entomology**, v. 50, p. 5-20, 2021.
- BUENO, A. de F.; SUTIL, W. P.; MACIEL, R. M. A.; ROSWADOSKI, L.; COLMENAREZ, Y. C.; COLOMBO, F. C. Challenges and opportunities of using egg parasitoids in FAW augmentative biological control in Brazil. **Biological Control**, v. 186, 105344, 2023. 14 p.
- BURTET, L. M.; BERNARDI, O.; MELO, A. A.; PES, M. P.; STRAHL, T. T.; GUEDES, J. V. Managing fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), with Bt maize and insecticides in southern Brazil. **Pest Management Science**, v. 73, n. 12, p. 2569-2577, 2017.
- CAVE, R. D. Biology, ecology and use in pest management of *Telenomus remus*. **Biocontrol News and Information**, v. 21, p. 21-26, 2000.
- COLMENAREZ, Y. C.; BABENDREIER, D.; WURST, F. R. F.; VÁSQUEZ-FREYTEZ, C. L.; BUENO, A. de F. The use of *Telenomus remus* (Nixon, 1937) (Hymenoptera: Scelionidae) in the management of *Spodoptera* spp.: potential, challenges and major benefits. **CABI Agriculture and Bioscience**, v. 3, n. 5, p. 1-13, 2022.
- DONG, H.; ZHU, K. H.; ZHAO, Q.; BAI, X. P.; ZHOU, J. C.; ZHANG, L. S. Morphological defense of the egg mass of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) affects parasitic capacity and alters behaviors of egg parasitoid wasps. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 24, n. 3, p. 671-678, 2021.

- FORTES, A. R.; COELHO JUNIOR, A.; AMORIM, D. J.; DEMETRIO, C. G.; PARRA, J. R. P. Biology and quality assessment of *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) and *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in eggs of *Spodoptera* spp. for augmentative biological control programs. **Journal of Insect Science**, v. 23, n. 5, 2023. 10 p.
- 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.
- KASIGE, R.; DANGALLE, C.; PALLEWATTA, N.; PERERA, M. Egg cluster characteristics of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Sri Lanka under laboratory conditions. **Journal of Agricultural Science**, v. 17, p. 200-210, 2022.
- LI, T. H.; BUENO, A. de F.; DESNEUX, N.; ZHANG, L.; WANG, Z.; DONG, H.; ZANG, L. S. Current status of the biological control of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* by egg parasitoids. **Journal of Pest Science**, v. 96, 2023. 19 p.
- R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Core Team, 2023. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 28 jun. 2024.
- VAN DEN BERG, J.; DU PLESSIS, H. Chemical control and insecticide resistance in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 115, n. 6, p. 1761-1771, 2022.
- VAN LENTEREN, J. C.; BOLCKMANS, K.; KÖHL, J.; RAVENSBERG, W. J.; URBANEJA, A. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl**, v. 63, n. 1, p. 39-59, 2018.
- YAINNA, S.; TAY, W.T.; DURAND, K.; FITENI, F.; HILLIOU, F.; LEGEAI, F.; CLAMENS, A. L.; GIMENEZ, S.; ASOKAN, R.; KALLESWARASWAMY, C. M.; DESHMUKH, S. S.; MEAGHER JR., R. L.; BLANCO, C. A.; SILVIE, P.; BREVAULT, T.; DASSOU, A.; KERGOAT, G. J.; WALSH, T.; GORDON, K.; NEGRE, N.; D'ALENCON, E.; NAM, K. The evolutionary process of invasion in the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*). **Scientific Reports**, v. 12, e21063, 2022.

Aplicativo móvel para disponibilização de publicações agrometeorológicas e consulta em tempo real de dados da estação meteorológica da Embrapa Soja

Gabriel Buche⁽¹⁾, Luís Guilherme Teixeira Crusiol⁽²⁾, Rubson Natal Ribeiro Sibaldelli⁽³⁾, José Renato Bouças Farias⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Estudante de Ciência da Computação, UniFil, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Pesquisador visitante, bolsista FAPED/Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽³⁾ Laboratório de Agrometeorologia, Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽⁴⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

Na era da agricultura digital, o acesso em tempo real a informações agrometeorológicas tornou-se cada vez mais crucial, gerando uma nova demanda por tecnologias inovadoras ao setor agropecuário, tanto no Brasil quanto no mundo. A Companhia Nacional de Abastecimento estima a produção brasileira de grãos na ordem de 300 milhões de toneladas para a safra 2023/2024, dos quais aproximadamente 50% são provenientes da cultura da soja (Conab, 2024). Embora o país seja uma referência mundial na produção de grãos, ainda há um vasto campo para avanços tecnológicos.

Atualmente, tecnologias embarcadas são ferramentas essenciais para o aumento da produção agrícola. Com o avanço da ciência e da tecnologia, a Internet das Coisas (IoT, *Internet of Things*) está se tornando cada vez mais presente em nossas vidas. E na agricultura não é diferente. Isso estimula a criação de aplicativos para dispositivos móveis que mostram informações essenciais para os agricultores, como por exemplo, as condições climáticas ao longo da safra. Essas informações possuem grande importância do ponto de vista agrônomo, pois auxiliam o manejo das práticas agrícolas e subsidiam a análise dos valores de produtividade obtidos (Sibaldelli et al., 2024). Por isso, a análise em tempo quase real das condições agrometeorológicas, como distribuição e valores acumulados de precipitação pluviométrica, temperatura média, mínima e máxima do ar e quantidade de radiação solar global, podem contribuir de forma decisiva com o setor produtivo agrícola. Além disso, toda a sociedade civil pode se beneficiar de informações meteorológicas que podem interferir no seu dia-a-dia (Farias et al., 2021).

Neste contexto, este trabalho foi idealizado com o objetivo de criar um aplicativo móvel que facilite o acesso a publicações e consulta a dados agrometeorológicos observados na área da Embrapa Soja. O uso de dados meteorológicos precisos e em tempo quase real pode otimizar práticas agrícolas, aumentar a eficiência dos recursos e maximizar a produtividade. A integração dessas informações no processo de tomada de decisão agrícola pode contribuir significativamente para a sustentabilidade e a competitividade do setor agropecuário brasileiro.

Material e métodos

Para o desenvolvimento do aplicativo móvel, utilizou-se a linguagem *TypeScript* (TypeScript, 2024), uma extensão do *JavaScript* (JavaScript, 2024), juntamente com o framework *React Native* (React Native, 2024), que fornece os pacotes essenciais para criar interfaces de usuário dinâmicas e responsivas de forma eficiente. Para viabilizar o fornecimento de dados em tempo real, desenvolveu-se uma API (Interface de Programação de Aplicativos) em Node.js (NodeJS, 2024). Essa API, criada com o framework de *back-end Nest* (NestJS, 2024), oferece as ferramentas necessárias para criar rotas que permitem ao aplicativo móvel consultar e receber informações do banco de dados.

Para o armazenamento de dados, foram utilizadas duas ferramentas distintas: SQLite (SQLite, 2024) e MySQL (MySQL, 2024). O SQLite é amplamente reconhecido como uma das ferramentas mais utilizadas para sistemas embarcados, como celulares, relógios e televisões, devido

à sua eficiência, rapidez e segurança no gerenciamento local de consultas de informações. O MySQL, é um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) amplamente adotado em todo o mundo e mantido pela Oracle ©, também reconhecido por sua confiabilidade, segurança e robustez, proporcionando um ambiente ideal para o armazenamento e gerenciamento ágil e confiável de dados. Essa escolha tecnológica possibilitou a criação de um aplicativo móvel robusto e eficiente, permitindo o acesso rápido e preciso às publicações agrometeorológicas atualizadas e aos dados observados na estação agrometeorológica da Embrapa Soja.

O aplicativo é composto por quatro telas principais. A primeira tela, denominada “Início”, é a página inicial onde os usuários acessam o aplicativo. Essa tela fornece informações sobre o aplicativo e serve como ponto de partida para a navegação, utilizando uma barra de navegação inferior (*tab navigation*) para acessar as diferentes telas disponíveis. A segunda tela, denominada “Boletim agrometeorológico”, é dedicada aos boletins agrometeorológicos publicados e disponibilizados pela Embrapa Soja. Os usuários podem fazer o *download* e visualizar os boletins, obtendo informações sobre as condições meteorológicas relevantes para a agricultura. A terceira tela, denominada “Normal climatológica”, oferece a visualização do climograma da Embrapa Soja, com dados de precipitação pluviométrica e temperatura do ar, além de possibilitar o acesso, visualização e *download* da normal climatológica da Embrapa Soja. A quarta tela, “Meteorologia”, oferece acesso ao *dashboard* das estações agrometeorológicas utilizadas pela Embrapa Soja. Este *dashboard* oferece uma ampla gama de informações provenientes diretamente de duas estações agrometeorológicas: Campo (localizada nos campos experimentais da Embrapa Soja) e Warta (localizada na sede da Embrapa Soja), permitindo que os usuários consultem e analisem dados relevantes dos últimos 30 dias. Essas quatro telas principais proporcionam uma experiência completa aos usuários, facilitando o acesso a informações importantes disponibilizadas gratuitamente e de forma pública pela Embrapa Soja.

Resultado e discussão

Na Figura 1 são apresentadas as telas do AgrometAPP, que contém diversos *cards* com informações úteis e interessantes para o usuário. Além disso, há uma barra inferior de navegação com quatro telas principais: “Início”, “Boletim agrometeorológico”, “Normal climatológica” e “Meteorologia”.

Conforme demonstrado na Figura 1A, a tela inicial do AgrometAPP apresenta informações importantes e úteis para o usuário, além de uma breve introdução sobre o que é o AgrometAPP. Na tela “Boletim agrometeorológico” (Figura 1B), são apresentados os arquivos de boletins agrometeorológicos, publicados pela Embrapa Soja. São vários *cards* que podem ser clicados para visualizar, compartilhar ou baixar o arquivo PDF. Na Figura 1C, a tela “Normal climatológica” disponibiliza um gráfico dos valores de precipitação pluviométrica e temperatura média, mínima e máxima do ar fornecidos pela normal climatológica. Logo abaixo, há um *card* que disponibiliza o acesso ao arquivo PDF da Normal climatológica, onde os usuários podem fazer o *download*, compartilhamento ou visualização do arquivo.

A tela “Meteorologia” (Figura 2) remete o usuário ao *dashboard* das estações meteorológicas da Embrapa Soja, acessada ao clicar no botão de Meteorologia na barra inferior do aplicativo. Nesta *dashboard*, os usuários têm acesso a informações agrometeorológicas diretamente de duas das estações agrometeorológicas da Embrapa Soja. O usuário pode visualizar, em tempo quase real, as informações climáticas relevantes.

Conforme mostrado na Figura 2A, o menu superior conta com 3 opções para visualização de dados: o período de visualização, que pode ser “*past week*” (última semana), “*past day*” (último dia) e “*past month*” (último mês); o SI *units* (é o Sistema Internacional de Unidades), podendo ser alterado para o SU *units* (Unidades de medida utilizadas nos EUA); e fuso horário para, caso seja necessário, fazer alterações. Ainda na Figura 2A, são apresentados gráficos da temperatura do ar em tempo atual nas duas estações da Embrapa Soja, Estação Warta e Estação Campo.

Nesses gráficos a temperatura do ar é ajustada em tempo quase real, de acordo com as atualizações das estações meteorológicas. Além disso, as cores podem sofrer alterações para amarelo ou vermelho, indicando a ocorrência de temperaturas do ar mais elevadas.

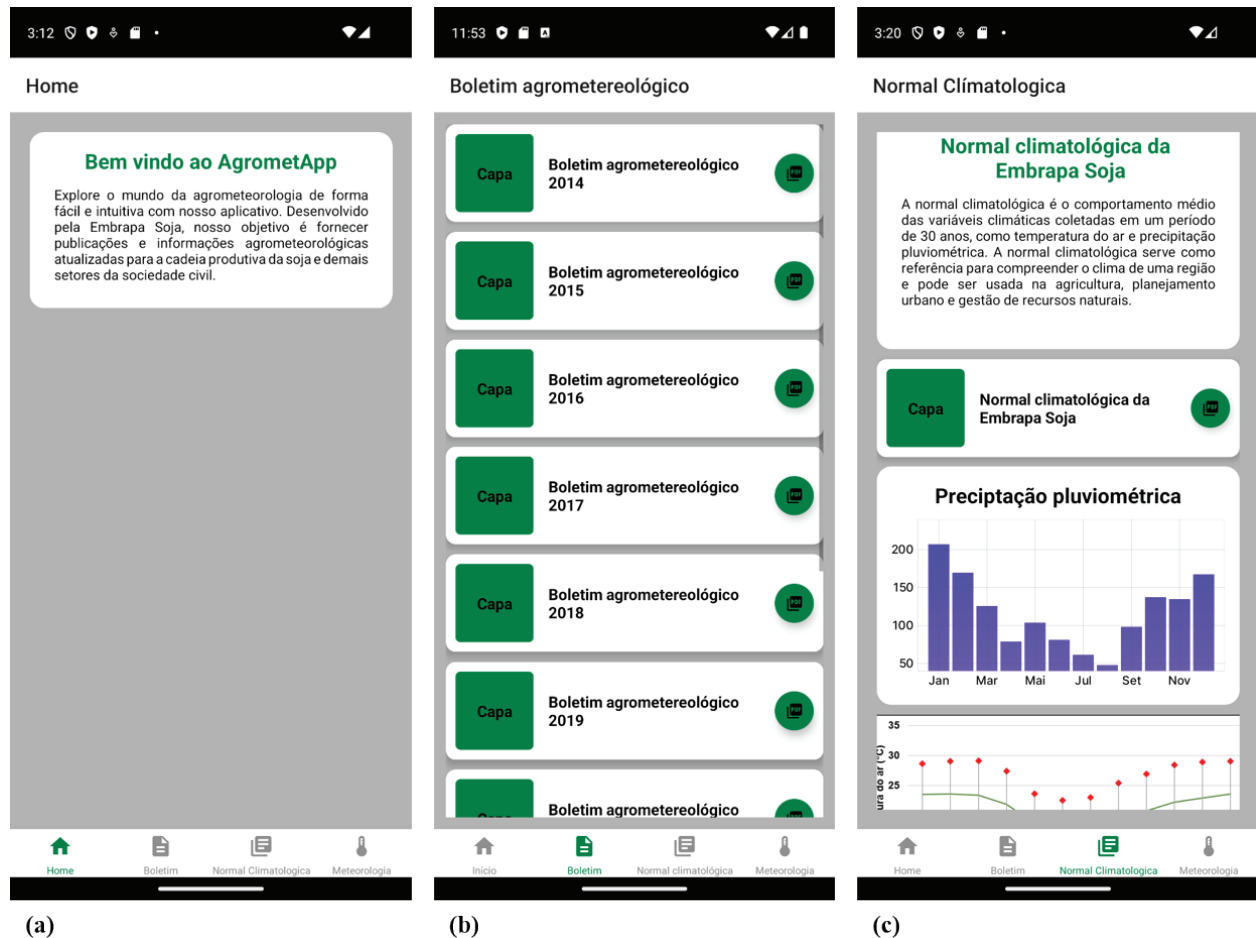


Figura 1. Aplicativo AgrometAPP nas telas "Início" (A), "Boletim agrometeorológico" (B) e "Normal climatológica" (C).

A Figura 2B apresenta dois gráficos: um de temperatura do ar e outro de precipitação pluviométrica no período dos últimos 30 dias na Estação Warta. Sempre que o período de visualização for alterado, os gráficos serão atualizados instantaneamente. Na Figura 2C são apresentados dois gráficos: ponto de orvalho e velocidade do vento no período dos últimos sete dias na Estação Campo. Essas imagens exemplificam algumas das informações disponíveis no AgrometAPP. Todas as publicações disponibilizadas no aplicativo móvel podem ser acessadas também pelo site da Embrapa Soja.

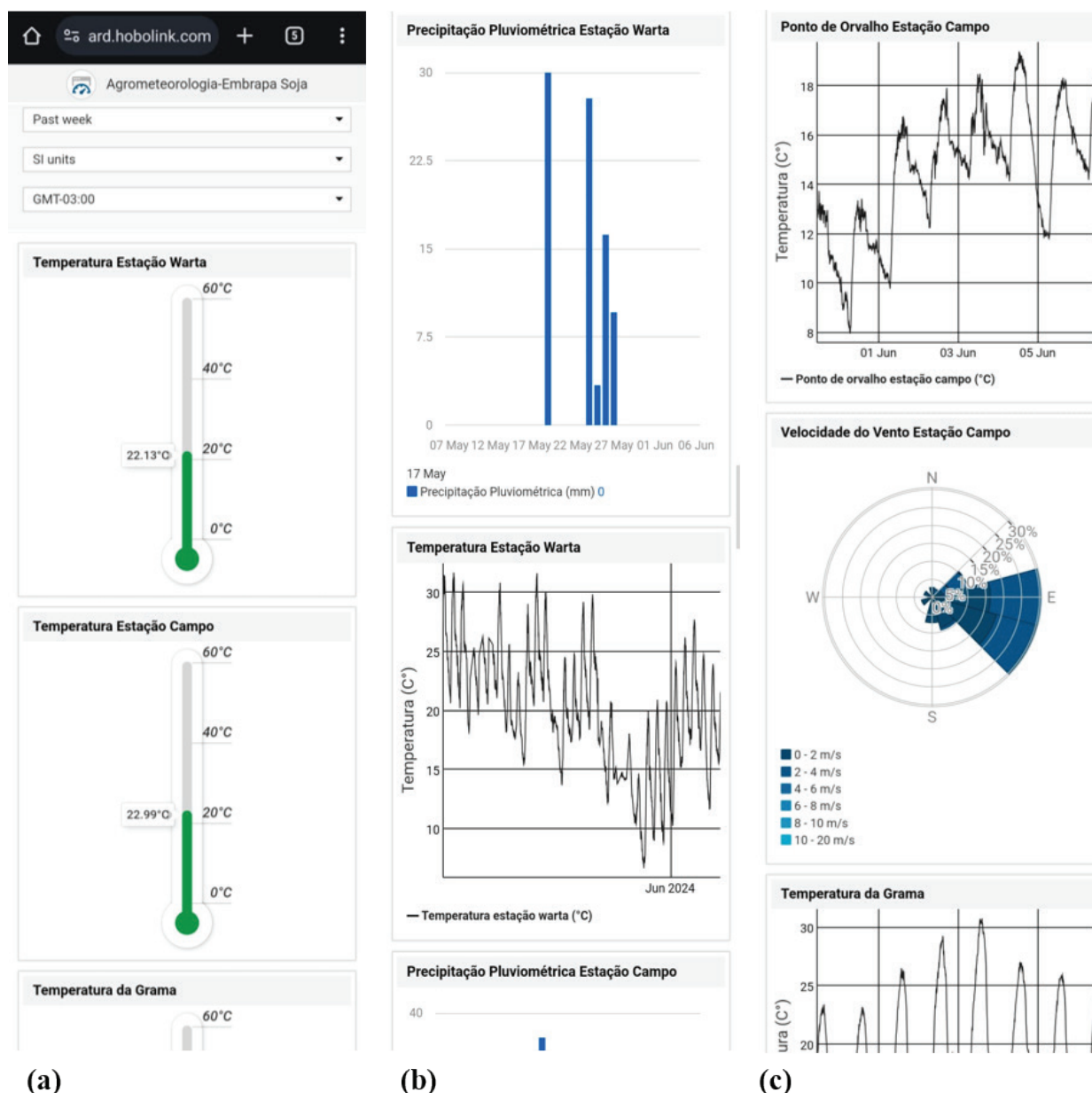


Figura 2. Telas de consultas a dados agrometeorológicos da Embrapa Soja: temperatura do ar em tempo atual (quase real) nas estações Warta e Campo (A), precipitação pluviométrica e temperatura média do ar nos últimos 30 dias na Estação Warta (B), ponto de orvalho e velocidade do vento na Estação Campo (C).

Conclusões

O aplicativo móvel AgrometApp facilita a disseminação de informações agrometeorológicas relevantes e confiáveis para o público interno da Embrapa Soja, para o setor agrícola regional e também para a sociedade civil. Essas informações desempenham um papel crucial na caracterização climática da região da Embrapa Soja, oferecendo dados oficiais gerados e analisados por profissionais altamente qualificados em um esforço conjunto para o desenvolvimento agrícola nacional brasileiro, contribuindo assim para a construção de um setor agrícola mais robusto e sustentável.

O AgrometApp não apenas fornece publicações e dados oficiais da Embrapa Soja, mas também tem potencial como ferramenta valiosa para educadores e pesquisadores, permitindo que enriqueçam suas explanações sobre clima e tempo com informações precisas e atualizadas. Além disso, o AgrometApp disponibiliza documentos importantes para a sociedade e agricultura em geral, como os boletins agrometeorológicos e a normal climatológica da Embrapa Soja.

Referências

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira:** grãos, v.11, safra 2023/24, n. 9, nono levantamento, jun. 2024. Brasília, DF: Conab, 2024. 143 p. Disponível em: https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/53610_b188f20a12afca8147455ae4b652f7e2. Acesso em: 17 jun. 2024.

FARIAS, J. R. B.; SIBALDELLI, R. N. R.; GONÇALVES, S. L. **Caracterização e normal climatológica da fazenda experimental da Embrapa Soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2021. 50 p. (Embrapa Soja. Documentos, 439).

JAVASCRIPT. **JS - MDN Web Docs.** 2024. Disponível em: <https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/JavaScript/>. Acesso em: 17 jun. 2024.

MYSQL. **MySQL.** 2024. Disponível em: <https://www.mysql.com/>. Acesso em: 17 jun. 2024.

NESTJS. **A progressive Node.js framework for building efficient, reliable and scalable server-side applications.** 2024. Disponível em: <https://nestjs.com/>. Acesso em: 17 jun. 2024.

NODEJS. **Executar a JavaScript em Toda Parte.** 2024. Disponível em: <https://nodejs.org/pt/>. Acesso em: 17 jun. 2024.

REACT-NATIVE. **React Native:** learn once, write anywhere. 2024. Disponível em: <https://reactnative.dev/>. Acesso em: 17 jun. 2024.

SIBALDELLI, R. N. R.; CRUSIOL, L. G. T.; SILVA, M. S.; GONÇALVES, S. L.; FARIAS, J. R. B. **Boletim Agrometeorológico da Embrapa Soja Londrina, PR - 2023.** Londrina: Embrapa Soja, 2024. 34 p. (Embrapa Soja. Documentos, 460).

SQLITE. **What Is SQLite?** 2024. Disponível em: <https://www.sqlite.org/>. Acesso em: 08 jul. 2024.

TYPESCRIPT. **TypeScript is JavaScript with syntax for types.** 2024. Disponível em: <https://www.typescriptlang.org>. Acesso em: 17 jun. 2024.

Comparação entre índices de vegetação obtidos por VANT na avaliação de plantas de soja infectadas por ferrugem-asiática

Bruna Maia da Silva⁽¹⁾, Luís Guilherme Teixeira Crusiol⁽²⁾, Rubson Natal Ribeiro Sibaldelli⁽³⁾, Cláudia Vieira Godoy⁽⁴⁾, Allan Misael Flausino⁽³⁾, Maria Isabel Balbi-Peña⁽⁵⁾, Marcelo Augusto de Aguiar e Silva⁽⁵⁾, José Renato Bouças Farias⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Estudante de mestrado em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR. ⁽²⁾ Pesquisador visitante, bolsista FAPED/Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽³⁾ Laboratórios de Agrometeorologia e Fitopatologia, Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽⁴⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽⁵⁾ Professor, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR.

Introdução

A soja é reconhecida, globalmente, como uma das culturas agrícolas essenciais para a segurança alimentar, sendo fonte primária de proteína vegetal para humanos e animais, com impacto direto na economia nacional. Contudo, a ferrugem-asiática tem causado perdas significativas na produção de soja, resultando em prejuízos econômicos substanciais para o setor agrícola. A ferrugem-asiática da soja é considerada uma das doenças mais devastadoras que afetam a cultura, especialmente no Brasil, que é um dos maiores produtores e exportadores mundiais dessa leguminosa (Godoy et al., 2016). Diante desse cenário, é imperativo desenvolver tecnologias e estratégias eficazes para monitoramento da ferrugem-asiática da soja.

O uso de VANTs (veículos aéreos não tripulados) tem ganhado destaque no monitoramento agrícola, permitindo a coleta de dados precisos e em tempo real. Essas aeronaves não tripuladas apresentam potencial para suporte à tomada de decisões mais eficientes e precisas no controle da ferrugem-asiática. Nos próximos anos, o mercado global de serviços com VANTs deve atingir cerca de US\$ 127 bilhões (PwC, 2017), o que destaca a importância dessas tecnologias em diversos segmentos produtivos.

Câmeras multiespectrais permitem a aquisição de comprimentos de ondas específicos no espectro visível e infravermelho-próximo. Assim, tem-se amplo detalhamento espectral da vegetação, permitindo operações aritméticas entre bandas espectrais (normalmente duas), resultando em índices de vegetação (IVs) específicos para ressaltar comportamentos espectrais de uma área de interesse. O IV mais difundido é o NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) (Rouse Jr. et al., 1974), obtido pela diferença normalizada entre as bandas infravermelho-próximo e vermelho. Desde então muitos IVs foram propostos tendo por base a formulação geral da diferença normalizada do NDVI (Crusiol et al., 2022).

O cálculo de índices de vegetação, como o NDVI, fornece importantes informações sobre a densidade da vegetação, permitindo inferências sobre as condições de desenvolvimento da lavoura. Diante da gama de bandas espectrais atualmente disponíveis em sensores multiespectrais a bordo de VANTs, tem-se a possibilidade de investigar novas combinações entre tais bandas, permitindo o desenvolvimento de índices personalizados, capazes de caracterizar comportamentos específicos do desenvolvimento da soja e de outras culturas, potencializando o monitoramento agrícola e a tomada de decisões baseada em dados precisos.

Considerando a necessidade de monitoramento da ocorrência da ferrugem-asiática, este estudo objetivou a comparação de índices de vegetação (IV) para monitorar a variabilidade espectral em plantas de soja em estágio de epidemia de ferrugem-asiática.

Material e métodos

O trabalho foi realizado na safra 2023/2024 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 estabelecidos 16 tratamentos experimentais, incluindo uma testemunha e diferentes combinações de fungicidas para controle da doença. A semeadura ocorreu em 27 de novembro de 2023 e as condições de cultivo seguiram as recomendações da Embrapa Soja.

No dia 15 de março de 2024, foram obtidas imagens aéreas da área experimental utilizando uma câmera multiespectral Altum (MicaSense – AgEagle Aerial Systems Inc.) acoplada a um 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 ocorreu entre às 10 e 12 horas, com altura de 60 metros e resolução espacial de 2 centímetros. Todas as operações seguiram rigorosamente as regulamentações dos órgãos de controle do espaço aéreo.

As imagens obtidas foram processadas utilizando os softwares Metashape e QGis. As bandas espectrais azul (b1), verde (b2), vermelho (b3), vermelho limítrofe (b4) e infravermelho próximo (b5) foram utilizadas sob todas as possíveis combinações entre duas bandas espectrais para o cálculo do índice de vegetação da diferença normalizada, com base na formulação geral do NDVI, conforme a Equação 1. Para todos os índices foi acrescida uma constante para assegurar a utilização de valores positivos.

$$NDVI = \frac{(Banda\ 1 - Banda\ 2)}{(Banda\ 1 + Banda\ 2)} + 1 \quad \text{Equação 1}$$

Posteriormente, foram extraídos, para cada IV calculado, a média e desvio padrão da resposta espectral da área experimental (1.618.036 pixels), cujos valores foram utilizados para o cálculo do coeficiente de variação (CV).

Resultado e discussão

A Figura 1 apresenta os valores de coeficiente de variação (CV) dos IVs calculados. O índice com menor CV foi calculado com as bandas b2 e b4. Já os índices que apresentaram valores intermediários foram aqueles calculados com as bandas b4 e b5; b2 e b3; b1 e b2; b1 e b3; e b2 e b5. Os IVs com maior CV foram calculados com as bandas b1 e b4; b1 e b5; b3 e b4; e b3 e b5. O IV com maior CV foi obtido pela diferença normalizada entre as bandas vermelho (b3) e infravermelho-próximo (b5), correspondentes à formulação original do NDVI proposta por Rouse Jr. et al. (1974). Destaca-se ainda que IVs calculados exclusivamente com as bandas RGB (b1, b2 ou b3) apresentaram baixos CV (entre 0,15 e 0,17).

Proposto em 1974, o NDVI tinha por objetivo a identificação e quantificação da presença de vegetação em uma área específica (Rouse Jr. et al., 1974) e somente nas décadas seguintes o índice passou a ser associado às condições de desenvolvimento da lavoura. Em lavouras de soja, Crusiol et al. (2024) destacam a resposta direta entre a cobertura do solo por vegetação e valores de NDVI, cujos valores no solo e palhada são contrastantes com os valores na vegetação. Logo, considerando a desfolha prematura como um dos sintomas da ferrugem-asiática da soja (Godoy et al., 2016), a mais elevada variabilidade espectral observada para o NDVI pode estar associada diretamente à maior exposição do solo e palhada, podendo ser um indicativo da variabilidade da doença.

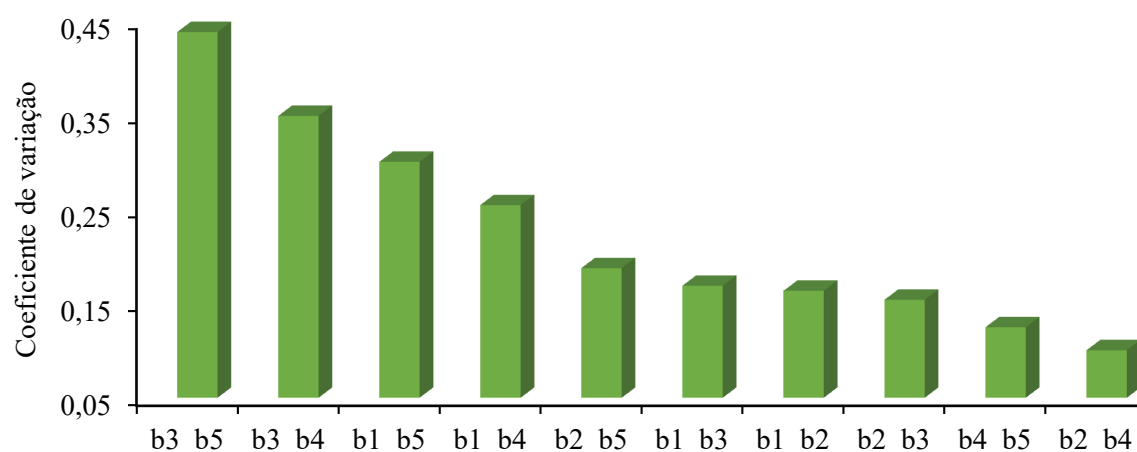


Figura 1. Coeficiente de variação de índices de vegetação da diferença normalizada calculados com diferentes combinações das bandas espectrais do sensor Micasense Altum conforme Equação 1.

A Figura 2 apresenta uma imagem RGB e as imagens dos índices de vegetação da diferença normalizada calculados com diferentes combinações das bandas espectrais do sensor Micasense Altum conforme Equação 1.

Os resultados obtidos destacam a contribuição superior das bandas espectrais vermelho e infravermelho-próximo para cálculo do índice de vegetação (IV) e representação da variabilidade espectral em área de soja sob a ocorrência de ferrugem-asiática. Além disso, destaca-se, também, a contribuição das bandas azul (b1) e vermelho limítrofe (b4) no monitoramento da ferrugem-asiática. Esses resultados ampliam as oportunidades de utilização de IVs ajustados para o monitoramento de condições específicas de desenvolvimento da lavoura, fato que ressalta a contribuição de VANTs equipados com câmeras multiespectrais para a tomada de decisão em relação às práticas culturais.

Destaca-se, ainda, a necessidade de pesquisas futuras com o objetivo de isolar, por meio de técnicas de filtragem espectral, os efeitos do solo e palhada nos valores de IVs obtidos, garantindo, assim, a aquisição de informações exclusivas do dossel da soja e avaliando, de forma quantitativa, a relação entre a resposta espectral e a severidade da doença.

Conclusões

O presente estudo investigou o potencial de VANTs equipados com câmeras multiespectrais para monitorar a variabilidade espectral em lavouras de soja sob a ocorrência de ferrugem-asiática. Índices de vegetação com elevada associação à estresses da lavoura contribuem para intervenções imediatas e específicas, com gestão agrícola mais eficaz e sustentável, diminuição de perdas de produtividade, preservando a economia agrícola e a segurança alimentar. O cálculo do NDVI com uso das tradicionais bandas vermelho e infravermelho-próximo apresentou o maior coeficiente de variação, o que denota seu possível potencial no monitoramento da doença. Contudo, ressalta-se a necessidade de investigações futuras com o objetivo de quantificar a variabilidade espectral em plantas de soja em estágio de epidemia de ferrugem-asiática de forma isolada nas folhas de soja, desconsiderando a influência do solo e palhada nas imagens.

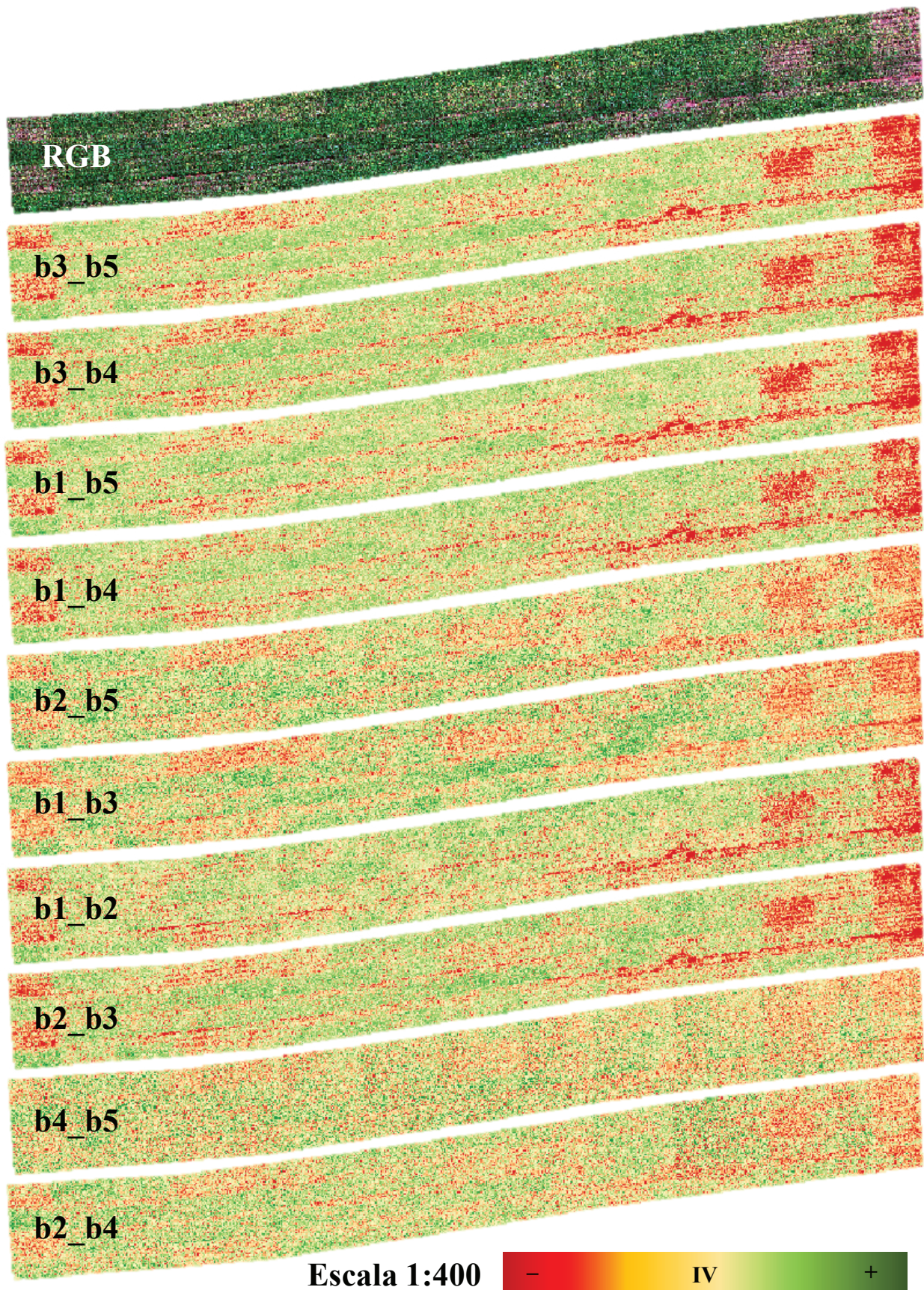


Figura 2. Imagem RGB e as imagens dos índices de vegetação da diferença normalizada calculados com diferentes combinações das bandas espectrais do sensor Micasense Altum conforme Equação 1.

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.

CRUSIOL, L. G. T.; SIBALDELLI, R. N. R.; FARIAS, J. R. B.; NANNI, M. R.; FURLANETTO, R. H.; OLIVEIRA JUNIOR, A. de; NEPOMUCENO, A. L.; FLAUSINO, A. M.; REIS, A. S.; SILVA, B. M. da; CASTRO, C. de; GODOY, C. V.; MINATO, E. A.; CEZAR, E.; OLIVEIRA, F. A. de; SANTOS, G. L. A. A. dos; GONÇALVES, J. V. F.; FOLONI, J. S. S.; FAZAM, J. C.; FRANCHINI, J. C.; OLIVEIRA, K. M. de; MORAES, L. A. C.; MERTZ-HENNING, L. M.; BATISTA, M. A.; NEUMAIER, N.; FALCIONI, R.; ROGGIA, S.; GONCALVES, S. L. **50 anos do NDVI**: desmistificando o índice e ponderando sua utilização para o monitoramento da soja na era digital. Londrina: Embrapa Soja, 2024. 83 p. (Embrapa Soja. Documentos, 463).

GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; SOARES, R. M.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C.; MEYER, M. C.; COSTAMILAN, L. M. Asian soybean rust in Brazil: past, present, and future. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 407-421, 2016.

PWC - PricewaterhouseCoopers. **O futuro da indústria**. 2017. Disponível em: <https://www.pwc.com.br/pt/sala-de-imprensa/noticias/futuro-da-industria.html>. Acesso em: 14 abr. 2023.

ROUSE JR., J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. **NASA Special Publication**, v. 351, n. 1, p. 309-317, 1974.

Eficiência de ingredientes ativos isolados no controle da ferrugem-asiática da soja em Londrina, PR, safra 2023/2024

Nathalye de França Santos⁽¹⁾, Heloisa Piloto Riedi⁽²⁾, Cláudia Vieira Godoy⁽³⁾

⁽¹⁾Estudante de Agronomia, Universidade Norte do Paraná, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina PR. ⁽²⁾Estudante de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR. ⁽³⁾Pesquisadora, Embrapa Soja, Londrina, PR.

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 (Yorinori et al., 2005).

Existem diversas estratégias para o controle da ferrugem-asiática da soja que incluem a ausência da semeadura de soja e a eliminação de plantas voluntárias na entressafra por meio do vazio sanitário para redução do inóculo do fungo, a utilização de cultivares de ciclo precoce e semeaduras no início da época recomendada como estratégia de escape da doença, a utilização de cultivares com genes de resistência e o monitoramento da lavoura desde o seu início de desenvolvimento para definir o melhor momento do controle químico (Godoy et al., 2020).

Ao longo dos anos, uma menor sensibilidade 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 2023/2024.

Material e métodos

O experimento foi realizado em Londrina, PR, na fazenda experimental da Embrapa Soja (23°11'6"S, 51°10'31"W). A cultivar BMX Compacta IPRO (65i65RSF IPRO), grupo de maturação 6.5, hábito de crescimento indeterminado, foi semeada em 27 de novembro de 2023. As primeiras aplicações dos tratamentos foram realizadas a partir dos 41 dias após a semeadura (R2) (Fehr; Caviness, 1977), na ausência de sintomas de ferrugem e repetidas em intervalos médios de 14 dias (R4 e R5.4), 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.

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 a 5% de probabilidade 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 ou kg p.c./ha	g i.a./ha
1. Testemunha	-	-
2. tebuconazol	0,50	100
3. ciproconazol	0,30	30
4. protioconazol	0,28	70
5. azoxistrobina ¹	0,24	60
6. picoxistrobina ¹	0,24	60
7. metominostrobin ²	0,30	60
8. clorotalonil	1,50	1.080
9. mancozebe ³	1,50	1.125
10. oxicleto de cobre	0,70	411,6
11. fluazinam	1,00	500

¹Adicionado Ochima 0,25 L/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. Os primeiros sintomas foram observados no final de fevereiro, no final do estágio R5, porém as altas temperaturas, com as temperaturas máximas acima de 30°C e baixo volume de chuvas não favoreceram a evolução da ferrugem-asiática e favoreceram a ocorrência de sintomas de fitotoxicidade, do tipo folha carijó, nos tratamentos aplicados com produtos contendo protioconazol e tebuconazol. Além da baixa severidade da doença, houve intenso ataque de mosca-branca no experimento, sendo realizadas aplicações de inseticidas a cada três dias. Mesmo com as aplicações, houve a formação de fumagina nas folhas do terço inferior das plantas.

Na avaliação de severidade aos 14 dias após a terceira aplicação (14DAA3), no estágio R6, a severidade média da testemunha foi de 9% (Tabela 2). O tratamento com ciproconazol (T3) e azoxistrobina (T5) apresentaram as maiores severidades, porém, azoxistrobina não diferiu dos demais tratamentos.

Na avaliação aos 21 DAA3 (R7), as menores severidades foram observadas para os tratamentos com picoxistrobina (T6), metominostrobin (T7), mancozebe (T9), fluazinam (T11), clorotalonil (T8) e protioconazol (T4) e as maiores severidades para ciproconazol (T3) e oxicleto de cobre (T10). Entre os inibidores de quinona externa (IQe), os tratamentos com picoxistrobina e metominostrobin apresentaram menores severidades do que o tratamento com azoxistrobina. Entre os inibidores da desmetilação (IDM), tebuconazol e protioconazol apresentaram severidade semelhante e inferior a ciproconazol. Entre os multissítios, oxicleto de cobre apresentou maior severidade do que os demais (mancozebe, clorotalonil e fluazinam).

Sintomas de fitotoxicidade foram observados nos tratamentos com protioconazol e tebuconazol. A incidência tardia da ferrugem-asiática e sua evolução lenta pelas elevadas temperaturas e baixas precipitações, levaram a não interferência da doença na produtividade, não sendo observada diferença entre a testemunha sem fungicidas e os tratamentos.

Tabela 2. Severidade de ferrugem (SEV%) em R6 (14 dias após a terceira aplicação – DAA3) e R7 (21DAA3), porcentagem de controle (%C) em relação a testemunha sem tratamento, fitotoxicidade média da parcela (%), produtividade (kg/ha) e redução de produtividade (RP%) em relação ao tratamento com a maior produtividade. Londrina, PR, safra 2023/2024.

Ingrediente ativo	g i.a./ha	SEV (14DAA3) R6 %	C	SEV (21DAA3) R7 %	C	Fito	Produtividade (kg/ha)
1. Testemunha	-	9,0 a	-	55,3 a	-	-	2.507 n.s.
2. tebuconazol	100	1,8 c	81	30,0 cd	46	6,4	2.658
3. ciproconazol	30	4,7 b	48	42,8 b	23	0	2.646
4. protioconazol	70	1,0 c	89	21,8 de	61	5,8	2.822
5. azoxistrobina ¹	60	3,3 bc	63	32,3 c	42	0	2.759
6. picoxistrobina ¹	60	1,3 c	86	13,0 e	76	0	2.704
7. metominostrobin ²	60	1,3 c	86	13,8 e	75	0	2.760
8. clorotalonil	1.080	1,8 c	81	18,0 e	67	0	2.781
9. mancozebe	1.125	1,4 c	84	17,8 e	68	0	2.785
10. oxicleto de cobre	411,6	2,3 c	75	37,3 bc	33	0	2.466
11. fluazinam	500	1,4 c	84	18,0 e	67	0	2.877
C.V. %		36,1%		16%		47,6%	7%

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ¹Adicionado Ochima 250 mL/ha;

²Adicionado Iharol Gold 0,25 % v/v; ³Adicionado Strides 0,25% v/v.

Conclusões

No protocolo de monitoramento, entre os IQe, os tratamentos com picoxistrobina e metominostrobin apresentaram menores severidades do que o tratamento com azoxistrobina. Entre os IDM, tebuconazol e protioconazol apresentaram severidade semelhante e inferior a ciproconazol. Entre os multissítios, somente oxicleto de cobre apresentou maior severidade do que os demais (mancozebe, clorotalonil e fluazinam).

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.

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.

Avaliação de características agronômicas de híbridos de girassol para pássaros cultivados em Londrina, PR, safra 2023/2024

Gabriel Pucciarelli Cardoso⁽¹⁾, Claudio Guilherme Portela de Carvalho⁽²⁾,
Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite⁽²⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR.

⁽²⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

O girassol é uma opção de diversificação nos sistemas de sucessão e rotação de grãos, como cultura de segunda safra de verão. A área de cultivo de girassol no Brasil ainda é pouco expressiva, com cerca de 60,5 mil hectares semeados na safra 2023/2024, concentrados nos estados de Goiás, Mato Grosso e Minas Gerais (Conab, 2024).

Os grãos de girassol são utilizados predominantemente para a extração de óleo de excelente qualidade, destinado principalmente às indústrias de alimento e ao consumo humano, na forma de óleo refinado (Castro; Leite, 2018). Além das cultivares para extração de óleo, existem as chamadas “não oleosas”. As sementes não oleosas são maiores, rajadas ou estriadas e apresentam casca mais fibrosa (40-45% do peso da semente), facilmente removível (Carrão-Panizzi; Mandarino, 2005), podendo ser utilizadas como grãos para alimentação de pássaros domésticos.

Para que haja expansão de cultivo de girassol no país, é importante haver a disponibilidade de cultivares adaptadas a diferentes condições edafoclimáticas. A pesquisa tem sido realizada por meio da Rede de Ensaios de Avaliação de Genótipos de Girassol, coordenada pela Embrapa Soja e conduzida por instituições públicas e privadas. O objetivo da rede de ensaios é avaliar genótipos de girassol para os diferentes usos em diferentes regiões agrícolas do Brasil.

Este trabalho tem como objetivo avaliar as características agronômicas de diferentes genótipos de girassol desenvolvidos para alimentação de pássaros, bem como rendimento de grãos e de óleo, cultivados em Londrina, PR, na safra 2023/2024.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no campo experimental da Embrapa Soja, em Londrina, PR (coordenadas geográficas: 23° 11' 37" S, 51° 11' 03" W; altitude: 630 m), em Latossolo Roxo eutrófico, cultivado anteriormente com aveia. Foram avaliados seis híbridos de girassol para pássaros nos Ensaios Finais de Primeiro Ano (EFP1), pertencentes à Rede de Ensaios de Avaliação de Genótipos de Girassol, na safra 2023/2024.

O ensaio foi semeado no dia 13/09/2023, em delineamento experimental de blocos completos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela foi constituída de quatro linhas de 6 metros de comprimento, espaçadas de 0,7 m. Nas avaliações das características agronômicas e 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 4,5 m². A adubação de semeadura foi feita com 300 kg/ha de NPK (10-20-20) e a cobertura com 125 kg/ha de ureia e 12 kg/ha de ácido bórico.

A emergência ocorreu em 20/09/2023. Foram realizados tratos culturais para possibilitar o melhor desenvolvimento das plantas, de acordo com as recomendações específicas para a cultura (Castro; Leite, 2018). A colheita dos grãos foi realizada de acordo com a maturação de colheita de cada cultivar, na primeira quinzena de janeiro de 2024.

Para a avaliação dos genótipos foram consideradas as seguintes características: estande final de plantas, floração inicial (dias), maturação fisiológica (dias), altura de planta (cm), diâmetro de capítulo (cm), rendimento de grãos (kg/ha), teor de umidade (%), teor de óleo (%) e rendimento de óleo (kg/ha).

Os resultados experimentais das variáveis avaliadas foram submetidos à análise da variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises de variâncias e testes de comparações múltiplas de médias foram realizadas por meio do programa Genes (Cruz, 2001).

Resultados e discussão

O experimento de avaliação de seis híbridos teve desenvolvimento satisfatório, em função da precipitação pluviométrica adequada para o desenvolvimento do girassol que ocorreu no campo experimental da Embrapa Soja, totalizando 462 mm durante a safra (Tabela 1). Cabe salientar que, na maioria dos casos, 400 a 500 mm de água bem distribuídos ao longo do ciclo resultam em rendimentos próximos ao potencial máximo do girassol (Castro; Farias, 2005).

Tabela 1. Precipitação pluviométrica verificada em Londrina, PR, no período de setembro de 2023 a janeiro 2024.

Mês/Ano	Valores do Decêndio (mm)			
	01-10	11-20	21-31	Total mensal
Setembro/2023	...	17,8	19,5	37,3
Outubro/2023	87,5	27,4	90,5	205,4
Novembro/2023	1,6	47,8	54,0	103,4
Dezembro/2023	30	0,1	26,4	56,5
Janeiro/2024	31,1	28,3	...	59,4
Total	...	...	...	462,0

Verificou-se diferença estatística significativa entre os seis híbridos avaliados em condições de campo, tanto para rendimento de grãos, quanto para teor de óleo, rendimento de óleo, floração inicial, maturação fisiológica e altura de plantas. Entre as variáveis avaliadas, não houve diferença significativa entre os genótipos apenas para diâmetro de capítulo (Tabela 2).

Tabela 2. Avaliação de características agrônômicas de híbridos de girassol do Ensaio Final de Primeiro Ano - safra 2023/2024, conduzido pela Embrapa Soja, em Londrina, PR.

Híbridos	Rendimento de grãos (kg/ha)		Teor de óleo (%)		Rendimento de óleo (kg/ha)		Floração inicial (dias)	Maturação fisiológica (dias)	Altura de planta (cm)	Diâmetro de capítulo (cm)				
BRS 323	1287,50	a	41,35	b	532,50	a	53,75	c	75,75	b	197,75	a	17,25	a
BRS G87	1201,25	b	36,13	c	432,25	b	55,75	b	77,50	a	182,00	b	18,25	a
BRS G88	1426,25	a	37,88	c	540,75	a	56,75	a	78,75	a	187,00	b	17,75	a
BRS G89	1366,25	a	37,63	c	513,50	a	54,25	c	75,50	b	188,00	b	18,50	a
BRS G90	1206,25	b	40,38	b	486,75	b	53,50	c	75,25	b	180,75	b	16,75	a
Helio 250	1058,75	c	45,03	a	476,25	b	57,25	a	78,75	a	192,50	a	18,00	a
Média	1257,70		39,70		497,00		55,20		76,40		188,00		17,70	
C.V. (%)	6,94		5,90		8,04		1,37		1,26		3,46		5,53	

C.V. (%): coeficiente de variação; médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade

Os genótipos BRS G88, BRS G89 e BRS 323 destacaram-se por apresentar as maiores produtividades do experimento (Tabela 2), próximas da produtividade média nacional, que foi de 1476 kg/ha na safra 2023/2024 (Conab, 2024).

Os híbridos BRS G87, BRS G88 e BRS G89 apresentaram os menores teores de óleo, sendo essa característica desejável para as sementes não oleosas para uso como alimento de pássaros (Carrão-Pannizzi; Mandarino, 2005).

Os genótipos BRS 323, BRS G89 e BRS G90 foram os que apresentaram ciclo mais precoce, com aproximadamente 75 dias para a maturação fisiológica. As plantas apresentaram porte adequado, com média de 188 cm de altura (Tabela 2).

Em função dos teores de óleo apresentados (média de 39,70%), os materiais avaliados podem ter dupla opção de mercado (produção de óleo comestível e alimentação de pássaros), a exemplo do híbrido M 734, de grão estriado e teor de óleo em média de 37% (Carvalho et al., 2014), que chegou a ser a cultivar mais utilizada no país, com boa aceitação no mercado de grãos para pássaros e na indústria de extração de óleo.

Conclusões

Todos os genótipos avaliados apresentaram bom desenvolvimento e boas produtividades, podendo ser utilizados para dupla função, como alimentação de pássaros, por apresentarem grãos rajados ou estriados, ou ainda para produção de óleo comestível.

Referências

- CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J. M. G. Produtos protéicos do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. de (ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. cap. 4. p. 51-68.
- CARVALHO, C. G. P. de; SILVA, M. F. da; AMABILE, R. F.; GODINHO, V. de P. C.; OLIVEIRA, A. C. B. de; CARVALHO, H. W. L. de; RAMOS, N. P.; RIBEIRO, J. L. (ed.). **Informes da avaliação de genótipos de girassol 2012/2013 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 105 p. (Embrapa Soja. Documentos, 355).
- CASTRO, C. de; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. de (ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. cap. 9. p. 163-218.
- 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. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, v.11 - safra 2023/24, n. 7 - sétimo levantamento, abril 2024. Brasília, DF: Conab, 2024. 117 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 26 abr. 2024.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes**: versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 648 p.

Coinfecção de vírus de poliedrose nuclear na mortalidade de *Rachiplusia nu* (Guenée) (Lepidoptera: Noctuidae)

Augustu Vinicio Bigaran Santos⁽¹⁾, Alini Almeida⁽²⁾, Maria Cristina Neves de Oliveira⁽³⁾, Vanessa Ferreira Sehaber⁽⁴⁾, Daniel Ricardo Sosa-Gómez⁽³⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Universidade do Norte do Paraná, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Estagiária de doutorado, UFPR/Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽³⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽⁴⁾ UNESPAR - Universidade Estadual do Paraná, Francisco Beltrão, PR.

Introdução

A agricultura brasileira vem enfrentando ao longo dos anos diversos desafios fitossanitários. Atualmente, a soja é uma das commodities mais importantes no mercado mundial, uma vez que seus grãos são usados como matéria-prima em diversos setores. Na safra 2023/2024, o Brasil foi responsável pela produção de 146,5 milhões de toneladas do grão (Conab, 2024). A expansão da área desta cultura tem sido acompanhada por um aumento significativo na ocorrência de pragas e doenças que limitam sua produtividade (Hoffmann-Campo et al., 2000; O'Brien, 2017; Sosa-Gómez et al., 2023). Atualmente, as principais pragas que causam danos à cultura estão representadas pelas lagartas do complexo *Spodoptera* e a falsa-medideira, *Rachiplusia nu* (Guenée, 1852) (Braga et al., 2024).

Inicialmente, com o intuito de se controlar as populações de *Anticarsia gemmatalis* e *Chrysodeixis includens*, a cultura passou por um processo de introdução de materiais geneticamente modificados que ficou conhecido como soja Bt. Com o aumento na área plantada de soja Bt no Brasil para aproximadamente 75%, as lagartas foram controladas de forma efetiva nas lavouras, acarretando na redução significativa no uso de inseticidas destinados ao controle de lagartas (Horikoshi et al., 2021). Entretanto, na safra 2020/2021 o primeiro caso de resistência desenvolvida em campo à soja Bt no Brasil foi relatado para populações de *R. nu* (Nardon et al., 2021) e desde então, esse inseto tem ocorrido com alta prevalência (Perini et al., 2021).

Para realizar o manejo das populações resistentes desses insetos, em busca por novas alternativas de controle, torna-se essencial o uso de agentes biológicos como baculovírus, que surge como uma ferramenta relevante para o Manejo Integrado de Pragas (MIP), destacando-se como principal vantagem a segurança tanto para seres humanos quanto para animais invertebrados, uma vez que esses agentes são específicos de seus hospedeiros (Sosa-Gómez et al., 2022). Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a virulência dos isolados de baculovírus provenientes de *R. nu* e *Autographa californica*, aplicados isoladamente e em mistura sobre lagartas de *R. nu*.

Material e métodos

No presente trabalho, foram utilizados isolados virais de múltiplo nucleopoliedrovírus de *R. nu* (RanuNPV-CNPSO 91) e *Autographa californica* (AcMNPV-CNPSO 142) provenientes do Banco de Entomopatógenos do laboratório de Patologia de Insetos da Embrapa Soja (Londrina, PR). As lagartas de *R. nu* utilizadas nos experimentos foram criadas em 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 as concentrações letais 50 (CL₅₀) e CL₂₅ dos isolados virais de RanuNPV e AcMNPV. Os corpos de oclusão (OBs) dos vírus foram quantificados com o auxílio de câmara de Neubauer em microscópio óptico com contraste de fases. Após quantificados, os poliedros virais foram incorporados em dieta artificial sem anti-contaminantes (sem formol, metil-parabeno e tetraciclina) ainda na fase líquida a 55°C. Para determinar as concentrações letais médias dos isolados foi utilizado o programa PoloPlus (LeOra Software, 1987) aplicando o modelo de Probit.

Determinadas as concentrações letais foram realizados os bioensaios de sobrevivência utilizando as CL_{25} (249 OBs.mL⁻¹); CL_{50} (5,8x10³ OBs.mL⁻¹) para RanuNPV e CL_{25} (588 OBs.mL⁻¹ e CL_{50} (4x10³ OBs) para AcMNPV. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com os tratamentos em arranjo fatorial. Ao todo foram seis tratamentos (T1-Testemunha= Dieta artificial sem anticontaminantes e ausência de poliedros virais, T2-RanuNPV (CL_{25}), T3- RanuNPV (CL_{50}), T4- AcMNPV (CL_{25}), T5- AcMNPV (CL_{50}), T6-Mix RnuMNPV (CL_{25}) + AcMNPV (CL_{25}), com 15 subamostras e doze repetições na qual, 60 lagartas de 3° instar de *R. nu* foram individualizadas em recipientes plásticos de 50 mL e alimentadas com a dieta contendo os OBs dos vírus.

A alimentação com a dieta contendo os isolados virais foi realizada durante 96 horas Após esse período, as sobreviventes foram transferidas para uma dieta sem anticontaminantes. Os insetos foram mantidos em câmaras com controle de temperatura (26±2 °C), fotofase de 14 h e umidade (65±10%). A mortalidade dos insetos com sintomas da doença foi registrada após 96 h de inoculadas. As avaliações foram realizadas durante 11 dias, registrando-se o número de lagartas mortas e vivas.

Os dados de mortalidade foram avaliados por meio da função de sobrevivência e pelo estimador não-paramétrico de Kaplan e Meier (1958), em que a variável resposta é o tempo até a ocorrência da morte da lagarta. O teste de comparações dos tratamentos dois a dois foi pelo teste *logrank* (Mantel, 1966). Os resultados foram analisados pelo software estatístico R (versão 4.2.3) pelos pacotes *cmprsk*, *lattice*, *lattice Extra* e *survival* (R Core Team, 2023).

Para determinar as concentrações letais médias dos isolados foi utilizado o programa PoloPlus (LeOra Software, 1987), aplicando os modelos de Probit.

Resultados e discussão

Após análise dos dados foi verificado que comparando os resultados obtidos para os tratamentos 2 e 4 a mortalidade observada até os oito dias foi de aproximadamente 25%. Já para os tratamentos 3 e 5 a mortalidade foi de aproximadamente 60% (Figura 1) para o mesmo período. Ao realizar a comparação entre os mesmos tratamentos, utilizando o teste de qui-quadrado, verificou-se que não houve diferença significativa entre eles (Trat. 2 e 4 p= 0,7%; Trat. 3 e 5 p= 0,9%). Esses valores já eram esperados para esses tratamentos uma vez que os valores de mortalidade média foram previamente calculados.

Quando observados os valores de mortalidade para o tratamento 6-Mix RanuNPV (CL_{25}) + AcMNPV (CL_{25}) constatou-se uma taxa de mortalidade aproximada de 80% dos indivíduos até o oitavo dia de avaliação (Figura 1) apresentando uma taxa de mortalidade muito maior quando observados o mesmo período de tempo para os demais tratamentos.

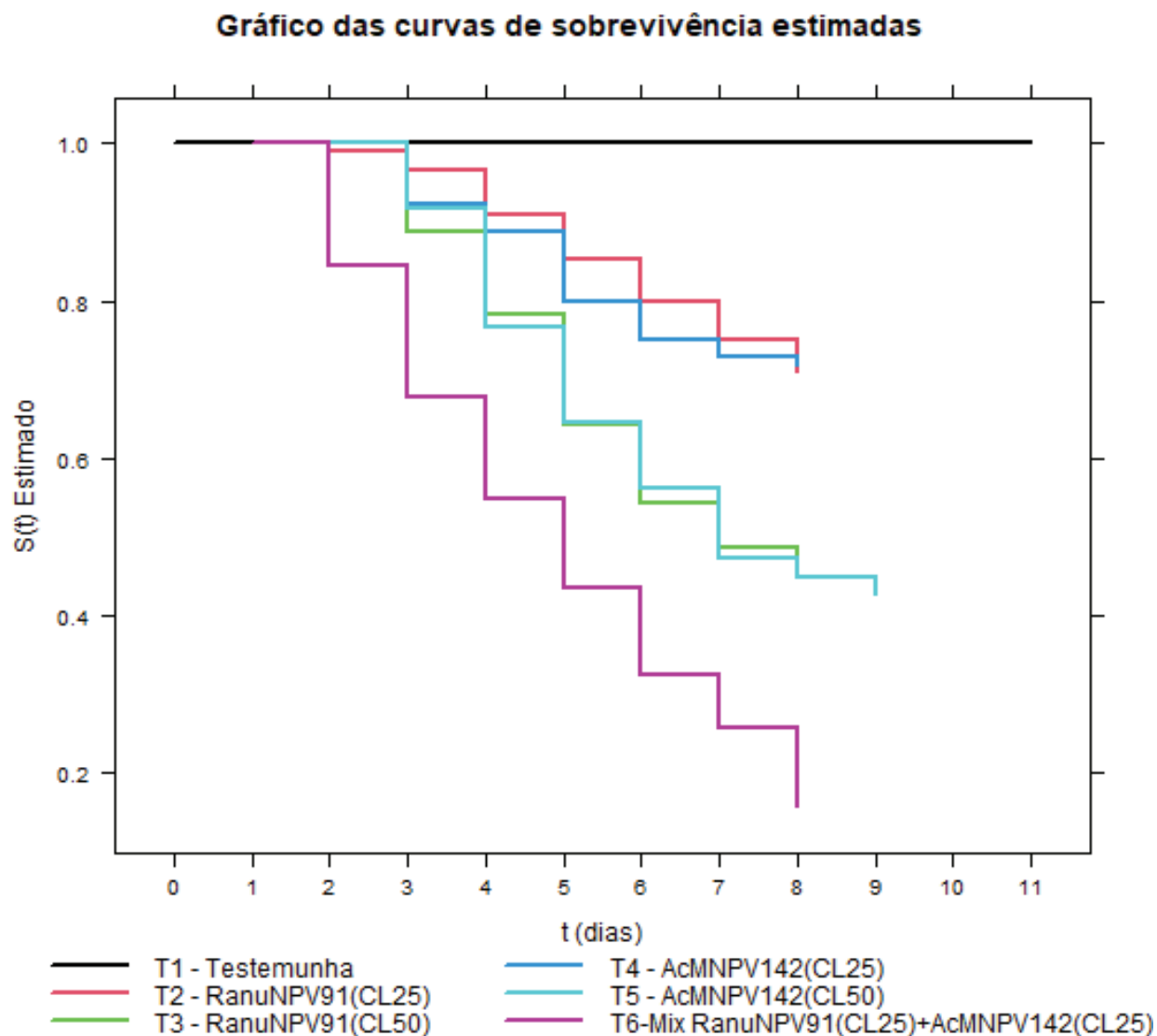


Figura 1. Sobrevivência de lagartas de *Rachiplusia nu* inoculadas com isolados virais de baculovírus em diferentes concentrações letais.

A mortalidade acelerada causada pela coinfeção dos vírus (tratamento 6) em relação aos demais também foi evidenciada por meio do teste de qui-quadrado (Tabela 1) que indicou que existe diferença significativa entre as curvas de sobrevivência apresentadas na Figura 1. Esses resultados indicaram que a mistura de RanuNPV e AcMNPV em CL25 é mais virulenta do que quando os vírus são aplicados isoladamente.

Tabela 1. Resultados do teste de logrank (Mantel, 1966) comparando os tratamentos 6- Mix RanuNPV 91 (CL₂₅) + AcMNPV 142 (CL₂₅) e demais tratamentos para lagartas *Rachiplusia nu* na cultura da soja. Dados com 12 repetições.

Tratamentos	N	Valor Observado	Valor Esperado	(O-E) ² /N	(O-E) ² /N	*	Grau de liberdade	prb	Significância
Testemunha	180	0	87,7	87,8	248	248	1	2*10 ⁻¹⁶	*****
6- Mix RanuNPV (CL ₂₅) + AcMNPV (CL ₂₅)	180	145	57,2	134,8	248	248			
2- RanuNPV (CL ₂₅)	180	47	115,3	40,4	116	116	1	2*10 ⁻¹⁶	*****
6- Mix RanuNPV (CL ₂₅) + AcMNPV (CL ₂₅)	180	145	76,7	60,8	116				
3- RanuNPV (CL ₅₀)	180	95	137	12,7	35	35	1	3*10 ⁻⁹	*****
6- Mix RanuNPV (CL ₂₅) + AcMNPV (C ₂₅)	180	145	103	16,8	35				
4- AcMNPV (CL 25)	180	49	114,8	37,7	106	106	1	2*10 ⁻¹⁶	*****
6- Mix RanuNPV (CL ₂₅) + AcMNPV (CL ₂₅)	180	145	79,2	54,6	106				
5- AcMNPV (CL ₅₀)	180	98	140	12,6	35,4	35,4	1	3*10 ⁻⁹	*****
6- Mix RanuNPV (CL ₂₅) + AcMNPV (CL ₂₅)	180	145	103	17,2	35,4				

* Teste de qui-quadrado

Conclusões

O uso de RanuNPV e AcMNPV tanto em mistura quanto isoladamente apresentam potencial no controle de populações de *Rachiplusia nu*, podendo ser empregados em estratégia de controle integrado desta praga.

Referências

- BRAGA, L. E.; WARPECHOWSKI, L. F.; DINIZ, L. H.; DALLANORA, A.; REIS, A. C.; FARIAS, J. R.; BERNARDI, O. Characterizing the differential susceptibility and resistance to insecticides in populations of *Chrysodeixis includens* and *Rachiplusia nu* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Pest Management Science**, 2024. DOI: 10.1002/ps.8197.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos, v.11 - safra 2023/24, n. 7 - sétimo levantamento, abril 2024. Brasília, DF: Conab, 2024. 117 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 26 abr. 2024.
- HOFFMANN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; CORREA-FERREIRA, B. S.; OLIVEIRA, L. J.; SOSA-GOMEZ, D. R.; PANIZZI, A. R.; CORSO, I. C.; GAZZONI, D. L.; OLIVEIRA, E. B. de. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 70 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 30).
- HORIKOSHI, R. J.; DOURADO, P. M.; BERGER, G. U.; FERNANDES, D. de S.; OMOTO, C.; WILLSE, A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P. CORRÊA, A. S. Large-scale assessment of lepidopteran soybean pests and efficacy of Cry1Ac soybean in Brazil. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, 15956, 2021. DOI: 10.1038/s41598-021-95483-9.
- KAPLAN, E. L.; MEIER, P. Nonparametric estimation from incomplete observations. **Journal of the American Statistical Association**, v. 53, n. 282, p. 457-481, 1958.
- LEORA SOFTWARE. **POLO-PC a user's guide no Probit or Logit analysis**. Berkeley: LEORA, 1987. 22 p.
- 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.
- 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, ec03028,

2021.

O'BRIEN, P. A. Biological control of plant diseases. **Australasian Plant Pathology**, v. 46, p. 293-304, 2017.

PERINI, C. R.; SOSA, V. I.; KODA, V. E.; SILVA, H.; RISSO, A. A.; VASCONCELOS, W. N.; GONÇALVES, C. F.; UGALDE, G. A.; MACHADO, D. N.; BEVILACQUA, C. B.; ARDISSON-ARAÚJO, D. M. Genetic structure of two *Plasiinae* species suggests recent expansion of *Chrysodeixis includens* in the American continent. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 23, p. 250-260, 2021.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Core Team, 2023. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 28 jun. 2024.

SOSA-GÓMEZ, 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.). **Bioinsumos na cultura da soja**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. cap. 22, p. 377-399.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; CÔRREA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORSO, I. C.; 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. 104 p. (Embrapa Soja. Documentos, 269).

Análise comparativa da taxa de crescimento de biótipos suscetíveis e resistentes de picão-preto (*Bidens subalternans*) ao herbicida glifosato

Murilo de Souza Brunetta⁽¹⁾, Fernando Storniolo Adegas⁽²⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

Considerada uma das maiores famílias botânicas, a família Asteraceae é composta por mais de 1600 gêneros e cerca de 24000 espécies, com distribuição desde as regiões temperadas até os semiáridos dos trópicos e subtropicais (Funk et al., 2009). No Brasil, ocorrem sete gêneros dessa família, com destaque para o gênero *Bidens*, com 19 espécies (Roque et al., 2017).

As duas principais espécies de *Bidens* presentes no Brasil são *Bidens pilosa* e *Bidens subalternans*. Ambas são herbáceas, com ciclo anual e reprodução por sementes, sendo importantes infestantes das principais regiões agrícolas do país. Por serem muito semelhantes e geralmente estarem presentes concomitantemente em áreas de cultivo, os produtores não fazem a diferenciação das espécies, denominando toda a população como picão-preto.

Segundo Kissmann e Groth (1999), as principais diferenças entre estas duas espécies são: nos aquênios, onde *B. subalternans* geralmente apresenta quatro aristas e *B. pilosa* três; nas folhas, onde o segundo par de folhas verdadeiras é semelhante ao primeiro em *B. subalternans*, enquanto que em *B. pilosa* o segundo par de folhas é diferente do primeiro; na estrutura da planta, onde a ramificação na parte inferior de *B. subalternans* é dicotômica e na parte superior é alternada, enquanto que em *B. pilosa* é dicotômica em toda a planta; nas flores, tendo *B. subalternans* capítulos amarelos com lígulas amarelas, enquanto que em *B. pilosa* os capítulos também são amarelos, mas com lígulas geralmente brancas.

Além de ser uma espécie de difícil controle, desde 1996 já foram relatados casos de resistência dessa espécie aos herbicidas inibidores da ALS (Heap, 2024). No ano passado, foi descrito o primeiro caso de resistência de *B. subalternans* ao herbicida glifosato (Adegas et al., 2023), o que torna o controle desta espécie ainda mais complexo.

Um aspecto importante a ser conhecido no manejo das populações de *B. subalternans* é saber se existem diferenças ecofisiológicas entre as populações resistentes e suscetíveis, para entender a capacidade de predominância entre essas populações nas áreas de cultivo e consequentemente fazer parte do planejamento dos sistemas de manejo. Neste cenário, o objetivo deste trabalho de pesquisa foi comparar as taxas de crescimento entre biótipos de *Bidens subalternans*, suscetíveis e resistentes ao herbicida glifosato.

Material e métodos

O experimento foi realizado de outubro a dezembro de 2023, em casa-de-vegetação, no Campo Experimental da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Sementes de quatro populações de *Bidens subalternans* sabidamente resistentes ao glifosato e uma suscetível a este herbicida, segundo estudos anteriores, foram selecionadas para este trabalho.

Primeiramente as sementes foram semeadas em caixas plásticas medindo 60x40x15cm, sendo utilizado solo identificado como Latossolo Vermelho Eutroférico. Após a germinação, as plântulas foram transplantadas para vasos preenchidos com terra tratada e substrato comercial na proporção 3:1. Cada área continha 60 repetições, totalizando 300 vasos.

As primeiras coletas foram realizadas 14 dias após a semeadura, e as demais foram coletadas a cada sete dias, totalizando nove semanas. Foram realizadas semanalmente as avaliações de quatro plantas por área, totalizando 20 plantas por semana, onde foram avaliadas as seguintes características: altura de planta, área foliar, número de folhas e matéria seca. Para tal, as plantas foram coletadas e seus órgãos: raiz, caule, folhas e botão floral foram separados. As folhas coletadas foram utilizadas na determinação da área foliar por meio do medidor fotoelétrico de mesa, marca LI-COR 3100. As raízes foram lavadas em água corrente para retirar as impurezas. Posteriormente todos os órgãos foram colocados em sacos de papel e levados para secar em estufa de circulação forçada de ar a 70°C, até atingirem o peso constante e dar condições para serem pesados em uma balança de precisão.

Para as populações resistentes foi calculada a média das quatro populações para cada parâmetro. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade. Para cada época de avaliação foram calculadas as estimativas dos valores obtidos e comparadas no intervalo de confiança de 95%, mesmo procedimento realizado por Brighenti et al. (2001). A partir dos resultados de cada parâmetro foram calculadas as seguintes características derivadas, por meio das seguintes fórmulas:

- Taxa de crescimento relativo (Rw) = Ct/MSt

- Razão da área foliar (Fa) = Af/MSt

Onde:

Ct = taxa de produção de matéria seca total, derivada da equação ajustada da matéria seca total em relação ao tempo (Richards, 1969);

MSt = matéria seca total;

Af = área foliar.

Resultados e discussão

As curvas de acúmulo da matéria seca total (MSt) das populações foram semelhantes, praticamente se sobrepondo até os 28 dias após a emergência (DAE) e essa semelhança se manteve até os 63 DAE (Figura 1). O maior acúmulo da MSt ocorreu na última avaliação, aos 63 DAE, com valores de 33,53 e de 38,78 g planta⁻¹, para a população suscetível e as resistentes, respectivamente, sem diferença significativa entre elas.

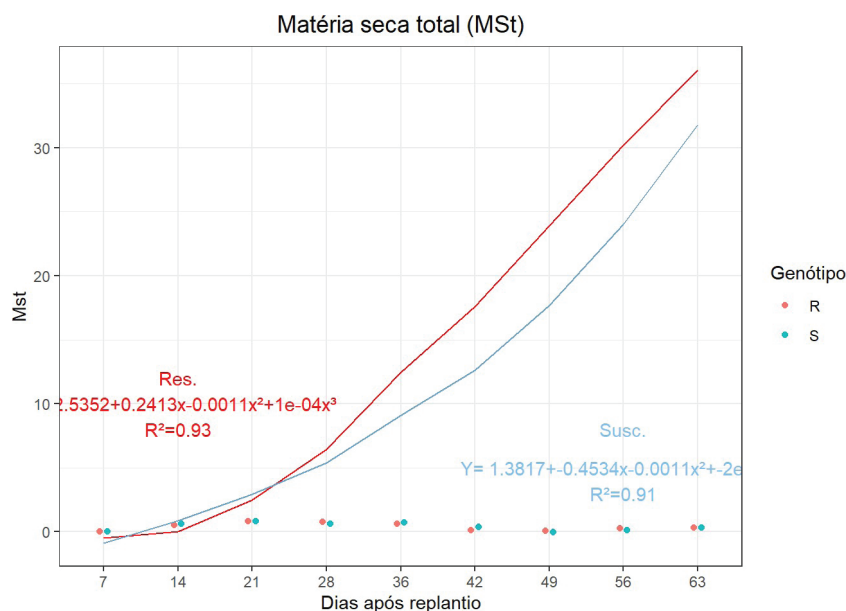


Figura 1. Matéria seca total de *Bidens subalternans*, referente às populações resistente e suscetível ao herbicida glifosato. Londrina, PR, 2023.

Christoffoleti (2001), estudando biótipos de *Bidens pilosa* suscetíveis e resistentes aos inibidores da ALS, também não observou diferença significativa na matéria seca total entre os biótipos.

Como não houve diferença significativa na MSt, a taxa de crescimento relativo (Rw) também foi semelhante para as duas populações, observando-se grande ganho de crescimento até ao redor dos 36 DAE (Figura 2). Isso é normal para o picão-preto, pois esse período coincide com a fase vegetativa da cultura, que é aquela onde ocorre a formação e alongação das folhas, iniciando com a germinação e terminando com a formação das estruturas florais (Kissmann; Groth, 1999).

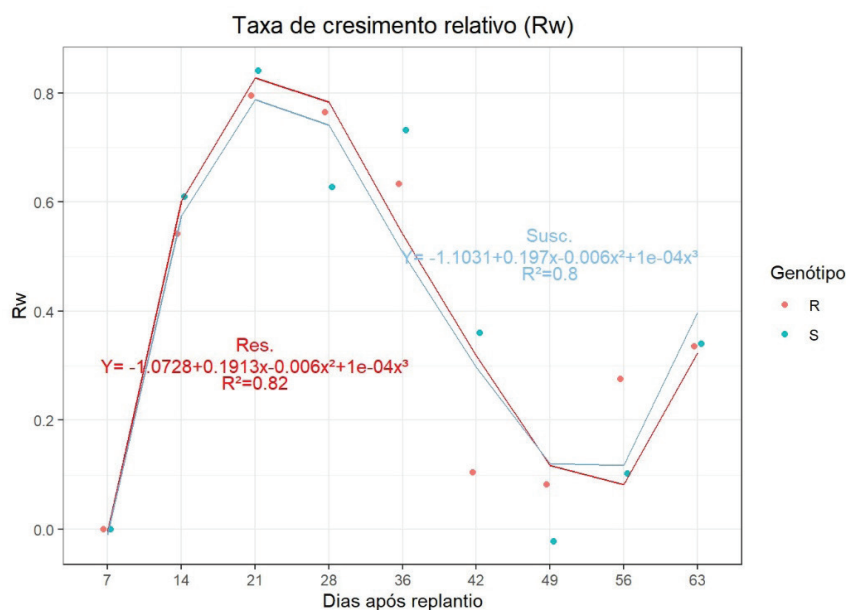


Figura 2. Taxa de crescimento relativo de *Bidens subalternans*, referente às populações resistente e suscetível ao herbicida glifosato. Londrina, PR, 2023.

Devido à proximidade dos resultados da área foliar e da MSt, a relação entre estes parâmetros, representada pela razão da área foliar (Fa), exposta na Figura 3, também não mostrou significância na comparação das populações. Os valores máximos de 0,75 e 0,69 $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$ para o suscetível e resistente, respectivamente, foram obtidos aos 14 DAE, diminuindo nas avaliações posteriores, pois a partir da diferenciação floral ocorre a diminuição progressiva dos fotoassimilados em direção às folhas (Vranceanu, 1977). A partir principalmente do florescimento, começou a ocorrer a senescência e a queda de folhas, contribuindo para a redução, ainda maior, da área foliar.

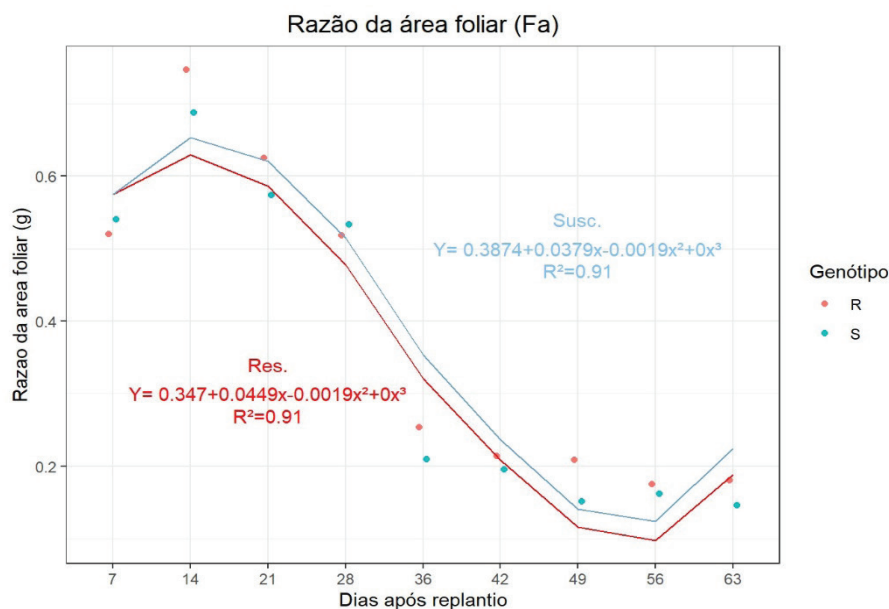


Figura 3. Razão de área foliar de *Bidens subalternans*, referente às populações resistente e suscetível ao herbicida glifosato. Londrina, PR, 2023.

Conclusões

Pelos resultados deste trabalho, conclui-se que a seleção de populações de *Bidens subalternans* resistentes ao glifosato, não resultou em diferenças fenotípicas significativas de crescimento. Desta forma, pode-se concluir que não haverá ganho ou perda de competição intraespecífica entre populações, caso que só deverá ocorrer pela utilização do herbicida selecionador da resistência, no caso do glifosato.

Referências

- ADEGAS, F. S.; GAZZIERO, D. L. P.; BONANI, J. C.; PRECINOTTO, C. V.; GARBIATE, M. V.; PAES, B. L.; ASSIS, D. N. de; OLIVEIRA JUNIOR, R. S. de. **Novo caso de resistência de planta daninha ao glifosato no Brasil: picão-preto (*Bidens subalternans*)**. Londrina: Embrapa Soja, 2023. 6 p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 107).
- BRIGHENTI, A. M.; GAZZIERO, D. L. P.; VOLL, E.; ADEGAS, F. S.; VAL, W. M. C. Análise de crescimento de biótipos de amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*) resistente e susceptível aos herbicidas inibidores da ALS. **Planta Daninha**, v. 19, n. 1, p. 51-59, 2001.
- CHRISTOFFOLETI, P. J. Análise comparativa do crescimento de biótipos de picão-preto (*Bidens pilosa*) resistente e susceptível aos inibidores da ALS. **Planta Daninha**, v. 19, n. 1, p. 75-83, 2001.
- FUNK, V. A.; ANDERBERG, A. A.; BALDWIN, B. G.; BAYER, R. J.; BONIFACINO, J. M.; BREITWIESER, I.; BROUILLET, L.; CARBAJAL, R.; CHAN, R.; COUTINHO, A. X. P.; CRAWFORD, D. J. Compositae metatrees: the next generation. In: FUNK, V. A.; SUSANA, A.; STUESSY, T. F.; BAYER, R. J. (ed.). **Systematics, evolution, and biogeography of Compositae**. Vienna: IAPT, 2009. p. 747-777.
- HEAP, I. **The International Herbicide-Resistant Weed Database**. Online. c2024. Disponível em: www.weedscience.org. Acesso em: 28 jun. 2024.
- KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: BASF, 1999. Tomo II. 978 p.
- ROQUE, N.; TELES, A. M.; NAKAJIMA, J. N. **A família Asteraceae no Brasil: classificação e diversidade**. Salvador: EDUFBA, 2017. 260 p.
- VRANCEANU, A. V. **El girasol**. Madrid: Mundi-Prensa, 1977. 379 p.

Teste de condutividade elétrica para a determinação do vigor em sementes de soja tratadas e armazenadas

Ana Carolina Dias Balan⁽¹⁾, Fernando Augusto Henning⁽²⁾, José de Barros França Neto⁽²⁾, Francisco Carlos Krzyzanowski⁽²⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Filadélfia - UNIFIL, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

O teste de condutividade elétrica é utilizado para a avaliação do vigor de sementes de soja, devido à sua facilidade de execução, baixo custo, rapidez, reprodutibilidade e fácil interpretação dos resultados. O princípio deste teste baseia-se na relação entre o vigor e a integridade das membranas celulares das sementes, pela determinação da quantidade de íons lixiviados na solução de embebição (Vieira; Krzyzanowski, 1999).

Diante disso, as empresas de produção de sementes podem utilizar esse teste como alternativa complementar na determinação da qualidade das sementes. No entanto, com a crescente adoção do Tratamento Industrial de Sementes (TIS), no qual as sementes são tratadas na própria linha de beneficiamento e armazenadas até o momento da semeadura, pode ocorrer limitação para o uso deste teste, devido à possível interferência dos produtos químicos sobre os íons lixiviados na solução.

Segundo Vieira e Marcos-Filho (2020) o tratamento químico de sementes pode afetar o resultado do teste de condutividade elétrica, no entanto, estes mesmos autores mencionam a necessidade de estudos com as novas formulações e produtos químicos que vêm sendo introduzidos no mercado, principalmente frente ao modelo de tratamento industrial.

O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência do teste de condutividade elétrica para a determinação do vigor de sementes de soja submetidas a diferentes tratamentos químicos e períodos de armazenamento.

Material e métodos

O ensaio foi desenvolvido no Núcleo Tecnológico de Sementes e Grãos Dr. Nilton Pereira da Costa, da Embrapa Soja, Londrina, PR. A cultivar de soja utilizada foi a BRS 284, a qual apresentava viabilidade de 99% e vigor de 95%, de acordo com os resultados obtidos no teste de tetrazólio. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 7x5, com quatro repetições. Os fatores foram constituídos por seis tratamentos químicos de sementes e uma testemunha absoluta (totalizando sete tratamentos) e cinco épocas de avaliação durante o armazenamento (0, 60, 120, 180, e 240 dias).

Os tratamentos e suas respectivas doses foram: 1) fipronil + piraclostrobina + tiofanato metílico (200 mL 100 kg⁻¹); 2) imidacloprido + tiodicarbe (300 mL 100 kg⁻¹); 3) abamectina + tiametoxan + fludioxonil + mefenoxam + thiabendazole (125 + 200 + 100 mL 100 kg⁻¹); 4) metalaxil + tiabendazol + fludioxonil (200 mL 100 kg⁻¹); 5) fludioxonil + mefenoxam + thiabendazole (100 mL 100 kg⁻¹); 6) carboxin + thiram (250 mL 100 kg⁻¹) e 7) testemunha absoluta (sem tratamento). O volume de calda máximo foi de 600 mL 100 kg⁻¹ de sementes (produto + água). Após o tratamento, em sacos plásticos, as amostras foram armazenadas em condições ambientais não controladas.

Foram realizados os testes de germinação e emergência de plântulas em areia, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009) e Braccini et al. (1999), respectivamente. Na sequência, o teste de condutividade elétrica pelo método de condutividade de massa, proposto por Vieira e Marcos-Filho (2022).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas à testemunha pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Para a variável germinação, não houve diferença entre os tratamentos químicos de sementes e a testemunha, nas avaliações realizadas na primeira época (antes do armazenamento). Aos 60 dias de armazenamento, os tratamentos 2 (imidacloprido + tiodicarbe + carbendazin + thiram), 3 (abamectina + tiametoxan + fludioxonil + mefenoxam + thiabendazole), 5 (fludioxonil + mefenoxam + thiabendazole) e 6 (carboxin + thiram) apresentaram menores valores de germinação em relação à testemunha. Após 120 dias de armazenagem, apenas o tratamento 6 (carboxin + thiram) obteve valores inferiores. Na quarta época (180 dias) e ao final do período de armazenamento (240 dias), somente o tratamento 4 (metalaxil + tiabendazol + fludioxonil) não diferiu da testemunha (Tabela 1).

Tabela 1. Germinação (%), emergência de plântulas em areia (%) e condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) de sementes de soja da cultivar BRS 284, submetidas a diferentes tratamentos químicos e períodos de avaliação durante o armazenamento.

Tratamentos ¹	Períodos de armazenamento (dias)				
	0	60	120	180	240
Germinação (%)					
1	97	93	86	76 (-)	72 (-)
2	97	90 (-)	83	69 (-)	62 (-)
3	96	90 (-)	81	73 (-)	66 (-)
4	98	94	87	82	82
5	97	88 (-)	81	75 (-)	71 (-)
6	97	90 (-)	78 (-)	68 (-)	68 (-)
7 (testemunha)	98	96	92	91	89
Emergência de plântulas em areia (%)					
1	97	98	99	96	95
2	97	98	97	96	95
3	98	98	96	95	95
4	98	99	97	96	94
5	98	98	96	95	97
6	98	97	96	95	94
7 (testemunha)	97	97	97	92	95
Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)					
1	53,85	89,88	89,24	96,01	102,07
2	38,88	94,28	88,52	94,32	102,26
3	43,07	82,12	89,98	93,89	96,78
4	41,02	85,98	79,78	87,25	87,02
5	47,98	86,88	82,01	81,48	80,98
6	49,98	98,57	94,89	92,24	98,49
7 (testemunha)	46,02	94,87	89,31	88,62	92,24

*Na coluna, médias seguidas por (+) foram superiores e médias seguidas por (-) foram inferiores à testemunha absoluta ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Dunnett. ¹Tratamentos: 1) fipronil + piraclostrobina + tiofanato metílico; 2) imidacloprido + tiodicarbe + carbendazin + thiram; 3) abamectina + tiametoxan + fludioxonil + mefenoxam + thiabendazole; 4) metalaxil + tiabendazol + fludioxonil; 5) fludioxonil + mefenoxam + thiabendazole; 6) carboxin + thiram; e 7) testemunha absoluta (sem tratamento)

Em relação aos resultados do teste de emergência de plântulas em areia e de condutividade elétrica, não houve diferença estatística entre os tratamentos e a testemunha, para todas as épocas de armazenamento (Tabela 1), demonstrando que os ingredientes ativos dos produtos químicos não causaram interferência na emergência, bem como na quantidade de íons lixiviados na solução de condutividade, conseqüentemente não afetando o resultado do teste nas avaliações ao longo do período de armazenamento, demonstrando uma relação entre os mesmos. Segundo Schuab et al. (2006), para que um teste seja eficiente, precisa apresentar boa correlação com a emergência das plântulas em campo, tendo em vista que é nesse local onde as condições climáticas são bastante variadas, que o sucesso no estabelecimento inicial das plantas e, conseqüentemente, do empreendimento será analisado.

Resultados similares aos encontrados nesse trabalho foram obtidos por Vazquez et al. (2014), em sementes de milho tratadas com inseticidas e fungicidas e armazenadas durante 35 dias, assim como por Silva et al. (2013), em sementes de ervilha tratadas com fungicidas.

Conclusões

O teste de condutividade elétrica é eficiente para a determinação do vigor de sementes de soja tratadas e armazenadas.

Referências

- BRACCINI, A. L.; REIS, M. S.; SEDIYAMA, C. S.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, M. C. L. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, após o processo de hidratação-desidratação e envelhecimento acelerado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 6, p. 1053-1066, 1999.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395 p.
- SCHUAB, S. R. P.; BRACCINI, A. L.; FRANÇA NETO, J. B.; SCAPIM, C. A.; MESCHÉDE, D. K. Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência das plântulas em campo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 553-561, 2006.
- SILVA, P. P.; FREITAS, R. A.; NASCIMENTO, W. M. Pea seed treatment for *Rhizoctonia solani* control. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 1, p. 17-20, 2013.
- VAZQUEZ, G. H.; CARDOSO, R. D.; PERES, A. R. Tratamento químico de sementes de milho e o teste de condutividade elétrica. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 773-781, 2014.
- VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 4, p. 1-26.
- VIEIRA, R. D.; MARCOS-FILHO, J. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B.; MARCOS-FILHO, J. (ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2020. p. 333-388.

Manejo localizado de percevejos em soja cultivada em sistema de baixo carbono

Nicolý Barros Ferreira⁽¹⁾, Nathalia Cuesta dos Santos⁽²⁾, Ana Júlia Tanko Ribeyre⁽³⁾, Gabriela Bes⁽⁴⁾, Matheus Domingues de Oliveira Araújo⁽⁵⁾, Amanda Rodrigues⁽⁶⁾, Marco Antonio Nogueira⁽⁷⁾, Roberta Aparecida Carnevalli⁽⁷⁾, Henrique Debiasi⁽⁷⁾, Samuel Roggia⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Registro, SP. ⁽²⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Norte do Paraná, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽³⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, PR. ⁽⁴⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, SC. ⁽⁵⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Federal de São Carlos, Lagoa do Sino, SP. ⁽⁶⁾ Bolsista DTI-B/CNPq-Embrapa, Londrina, PR. ⁽⁷⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

A redução de emissões de gases do efeito estufa tem ganhado atenção em diversas atividades econômicas, inclusive na agropecuária. Estimativas realizadas atribuíram à soja brasileira nível de emissões de gases de efeito estufa (GEEs) consideravelmente acima do que parece razoável (Escobar et al., 2020), apesar da ampla adoção pelos agricultores de boas práticas agrícolas que contribuem para a redução de emissões e sequestro de carbono. São exemplos dessas boas práticas agrícolas o Sistema Plantio Direto (SPD), a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), o manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas utilizando insumos biológicos em substituição parcial ou total a insumos químicos. Estima-se que o uso dessas boas práticas agrícolas pode reduzir mais de 50% as emissões de GEEs na produção de soja. Além disso, contribuem para o aumento de produtividade, estabilidade de produção (resiliência do sistema produtivo) e racionalização do uso de insumos e da terra, o que gera benefícios econômicos para o agricultor, aumenta a produção de alimentos e reduz a necessidade de expansão da agricultura para novas áreas, gerando benefícios cíclicos.

Frente a esse cenário, em 2023 a Embrapa Soja lançou o Programa SBC - Soja Baixo Carbono, visando contribuir para as estratégias globais de descarbonização da economia e alcance de metas públicas para redução das emissões de GEEs (Nepomuceno et al., 2023). Dentre as ações do programa está sendo realizada a condução de unidades demonstrativas de boas práticas agrícolas, do sistema de produção de soja baixo carbono, na qual é praticado o manejo integrado de pragas (MIP). O MIP proporciona proteção adequada à produtividade com redução do uso de inseticidas e de operações agrícolas mecanizadas (Carnevalli et al., 2023), práticas plenamente compatíveis com o Programa SBC, contribuindo direta e indiretamente para reduções e emissões de GEEs.

Estudos recentes têm demonstrado que a integração do MIP com recursos de agricultura de precisão pode proporcionar maior racionalidade para o manejo de percevejo e aumentar a qualidade dos grãos de soja colhidos (Roggia et al., 2022). Nesse contexto é relevante integrar esse conjunto de boas práticas agrícolas com o sistema de produção de soja baixo carbono, visando contribuir para avanços na sustentabilidade da produção agrícola. Assim, foi conduzido um trabalho com objetivo de estudar a adequação do controle localizado de percevejos em soja cultivada em sistema de baixo carbono.

Material e métodos

O experimento foi conduzido na vitrine de tecnologias do programa Soja Baixo Carbono, na fazenda experimental da Embrapa Soja, situada na região norte do Paraná, nas coordenadas S 23°11'12,4" e L 51°10'53,7", durante a safra agrícola 2023/2024. Foram conduzidas quatro parcelas de 34 x 34 metros, utilizando a cultivar de soja BRS 1064 IPRO, semeada em 12/10/2023. As parcelas foram dispostas lado a lado, de modo que o experimento apresentou formato quadrado. Foram realizadas amostragens semanais para avaliar a densidade de percevejos, utilizando-se o método do pano-de-batida (Corrêa-Ferreira, 2012). Foi contabilizada a população daninha de percevejos, composta por ninfas de 3°-5° instar e adultos, das espécies *Euschistus heros* e

Diceraeus melacanthus. Em cada parcela foi realizada amostragem em oito pontos georreferenciados, perfazendo 32 pontos amostrais nas quatro parcelas. Em cada ponto amostral foram realizadas duas batidas de pano (sub-amostras). O estudo de controle localizado foi conduzido apenas nas quatro parcelas de soja em sistema de baixo carbono, no entanto, em paralelo foram conduzidas duas parcelas com manejo de pragas tradicional, representativo do adotado pelos agricultores da região, com pulverização calendarizada de inseticida em área total. Os inseticidas aplicados no experimento são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Inseticidas aplicados no experimento de Soja Baixo Carbono. Londrina, PR, safra agrícola 2023/2024.

Data ¹ (estádio)	Soja baixo carbono, com aplicações localizadas ²	Manejo tradicional da região, com aplicações em área total
07/12/2023 (R2)	Sem inseticida	Tiametoxam 141 g/ha + lambda-cialotrina 106 g/ha (ENGEO PLENO™ S, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.)
21/12/2023 (R3)	Sem inseticida	Tiametoxam 141 g/ha + lambda-cialotrina 106 g/ha (ENGEO PLENO™ S, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.)
16/01/2024 (R5.4)	Etiprole 200 g/ha (CURBIX 200 SC, Bayer S.A.); Adjuvante 0,2 mL/L (Silwet ECO, Rizobacter)	Sem aplicação
25/01/2024 (R6)	Acefato 970 g/ha (PERITO 970 SG, UPL do Brasil Indústria e Comércio de Insumos Agropec. S.A.); Acetamiprido 45 g/ha + fenpropatrina 67,5 g/ha (BOLD®, Iharabras S.A. Indústrias Químicas)	
01/02/2024 (R6)	Zeta-cipermetrina 40 g/ha + bifentrina 36 g/ha (HERO®, FMC Química do Brasil LTDA); Óleo mineral 3 mL/L (Assist® EC, BASF S.A.)	

¹ Data das aplicações de inseticidas realizadas ao longo do experimento e, em parênteses, o estágio de desenvolvimento da soja.

² Aplicações localizadas realizadas em 16/01/2024 e 25/01/2024.

Os dados georreferenciados foram analisados pelo aplicativo Smart-Map (Pereira et al., 2022), desenvolvido para o ambiente do programa computacional QGIS (Quantum GIS). Foi verificada a existência de dependência espacial, realizado ajuste de semivariograma, com definição do modelo e outros parâmetros, sendo as zonas não amostradas interpoladas por krigagem ordinária com resolução de 1x1m. Foram geradas duas zonas, com e sem aplicação, com ponto de corte de 2 percevejos/pano, que corresponde ao nível de controle de percevejos em soja na fase reprodutiva recomendado pelo MIP Soja. Foi aplicado recorte da área usando o perímetro georreferenciado das parcelas e exportado um mapa de aplicação em extensão kml (Figura 1). Na primeira pulverização localizada, o mapa de aplicação foi inserido no sistema operacional de drone XAG, a pulverização foi realizada com o modelo de drone XAG P100, as zonas de exclusão de aplicação foram marcadas no plano de voo como “nospray”. Como na segunda pulverização a área não aplicada correspondeu a uma parcela inteira, a aplicação foi realizada com pulverizador tratorizado, usando controle manual de abertura/fechamento da pulverização.

Para análise da flutuação populacional em cada cenário, foi calculada a média de percevejos em cada uma das duas zonas (aplicado e não aplicado), a partir dos dados dos pontos dentro e fora da zona de aplicação. Em cada data de aplicação um conjunto diferente de pontos foi usado para compor as médias de cada zona. A partir desses dados foi calculada a eficiência de controle pela fórmula de Henderson e Tilton (1955), considerando a densidade média de percevejos em cada zona, antes da aplicação e a variação relativa dessa densidade nas datas posteriores a pulverização, sendo que 100 % indica a maior eficiência de controle.

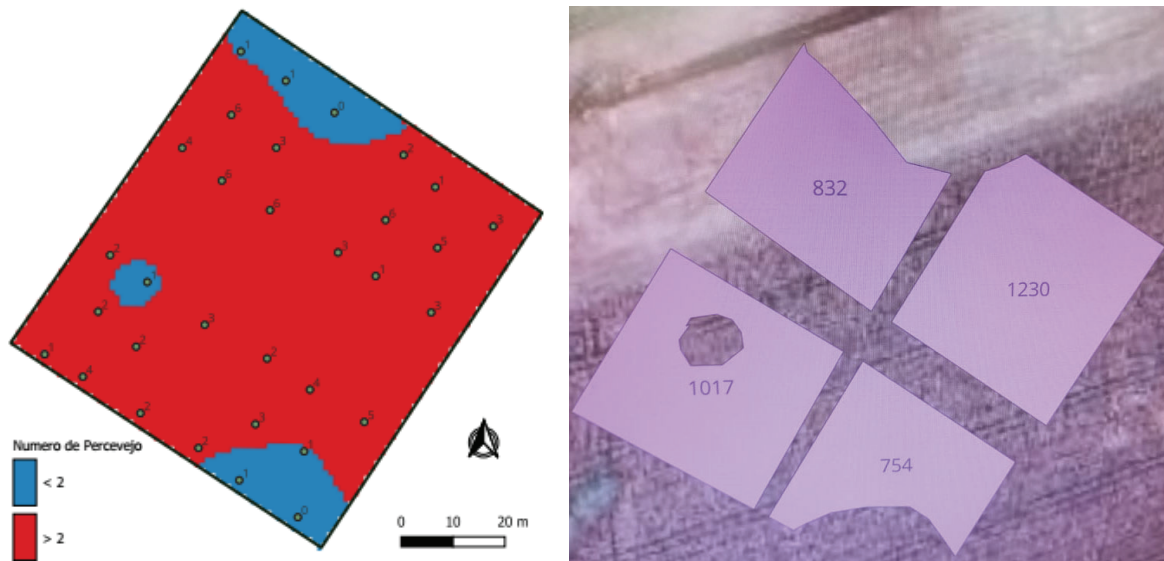


Figura 1. Mapa de percevejos, correspondente a população ninfas de 3°-5° instar e adultos de *Euschistus heros* e *Diceraeus melacanthus*. Esquerda: mapa de distribuição espacial com duas classes, com ponto de corte de 2 percevejos/pano, obtido com o aplicativo Smart-Map, pelo QGIS. Direita: recorte das zonas a serem aplicadas com drone, obtido da plataforma Field Manege System, da XAG. Londrina, PR, safra agrícola 2023/2024.

Resultados e discussão

Os dados indicam que as pulverizações realizadas reduziram a densidade populacional das duas espécies percevejos (Tabela 1). Exceto aos oito dias após a primeira pulverização (8 DAP1), o que determinou a necessidade de reaplicação. Nas zonas não pulverizadas foi observado aumento da densidade populacional de percevejos atingindo o nível de controle antes de uma semana. Isso deve-se provavelmente ao pequeno tamanho das parcelas e sua posição isolada em relação a outras áreas cultivadas com soja, o que pode proporcionar infestação concentrada dos percevejos do entorno, contribuindo para rápida reinfestação.

Considerando-se apenas a flutuação populacional de *E. heros*, que é a espécie predominante em soja na maior parte das regiões produtoras de soja do Brasil, a estratégia de controle localizado pode ser considerada adequada, pois proporcionou redução populacional de percevejos nas zonas que receberam pulverização e nas zonas sem aplicação, a densidade de percevejos se manteve abaixo do nível de controle até 8 DAP1 e 13 DAP2.

No presente experimento em particular, houve considerável aumento populacional de *D. melacanthus* que é considerado mais difícil de ser controlado em comparação com *E. heros*. Em três das quatro avaliações realizadas após a pulverização, a eficiência de controle de *D. melacanthus* foi inferior à de *E. heros*. Na data de avaliação anterior a primeira pulverização, *D. melacanthus* aparecia como espécie secundária, mas aumentou expressivamente nas datas seguintes de amostragem, provavelmente vindos de áreas externas, constatando-se a predominância de adultos (59 %) de *D. melacanthus*, em 18/01/2024.

Tabela 1. Densidade populacional¹ e eficiência do controle localizado de percevejos em soja sob sistema de baixo carbono. Londrina, PR, safra agrícola 2023/2024.

1ª aplicação localizada (16/01/2024)	Dadas ² de amostragem de percevejos com pano-de-batida								
	10/01/2024 – PRE ¹			18/01/2024 – 2 DAP ¹			24/01/2024 – 8 DAP ¹		
	Eh	Dm	Total	Eh	Dm	Total	Eh	Dm	Total
Pulverizado (78%) ³	1,96	1,12	3,08	1,36	0,92	2,28	0,88	2,72	3,60
Não pulverizado	1,00	0,43	1,43	1,86	2,14	4,00	0,86	1,57	2,43
Eficiência (%) ⁴	-	-	-	62,64	83,57	73,56	47,62	33,77	31,25
2ª aplicação localizada (25/01/2024)	24/01/2024 – PRE ²			31/01/2024 – 6 DAP ²			07/02/2024 – 13 DAP ²		
	Eh	Dm	Total	Eh	Dm	Total	Eh	Dm	Total
	Eh	Dm	Total	Eh	Dm	Total	Eh	Dm	Total
Pulverizado (75%) ³	1,13	3,04	4,17	1,04	2,29	3,33	0,42	2,96	3,38
Não pulverizado	0,13	0,88	1,00	1,88	2,63	4,50	0,63	2,00	2,63
Eficiência (%) ⁴	-	-	-	93,83	74,89	82,22	92,59	57,45	69,14

¹ Densidade da população daninha composta por ninfas de 3º-5º instar e adultos dos percevejos *Euschistus heros* (Eh) e *Diceraeus melacanthus* (Dm); ² Amostras realizadas previamente (PRE) e em diferentes dias após a pulverização 1 ou 2 (DAP); ³ Entre parênteses é apresentado o percentual de área pulverizada, em relação a área total; ⁴ Eficiência de controle calculada pela fórmula de Henderson e Tilton (1955).

A aplicação localizada reduziu a área pulverizada em 23,50 % em relação a duas aplicações em área total. Caso fosse tomada decisão pela densidade média de percevejos, nas duas datas de aplicação, a média da área total foi superior ao nível de ação, sendo respectivamente de 2,53 e 3,38 percevejos por pano, na primeira e segunda pulverização. Considerando que foi realizada uma terceira aplicação em área total nas parcelas de soja baixo carbono, a aplicação localizada reduziu em 15,67 % o uso de inseticidas para o manejo de percevejos ao longo da safra. Roggia et al. (2022) obtiveram resultado semelhante em uma lavoura de 20 ha, com redução de 17 % no uso de inseticidas em relação ao manejo integrado de pragas (MIP), tendo realizado três pulverizações localizadas (MIP localizado) e duas em área total (MIP área total) ao longo da safra.

Nas parcelas onde foi realizado manejo tradicional de percevejos, representativo da região, com aplicações calendarizadas, foram realizadas quatro pulverizações de inseticidas para percevejo em área total, ao longo do ciclo da soja. Assim, comparativamente ao sistema tradicional o controle localizado, utilizado em soja baixo carbono, reduziu em 36,75 % o uso de inseticidas. De forma similar, no estudo de Roggia et al. (2022) a redução de uso de inseticidas com o controle localizado foi de 45 % em relação ao sistema tradicional, com três pulverizações realizadas em área total neste sistema.

Conclusões

A aplicação localizada de inseticida é adequada para o manejo do percevejo-marrom, *Euschistus heros*, em soja cultivada em sistema de baixo carbono. A aplicação localizada possibilita reduzir o consumo de inseticidas, combustível e horas de trabalho para o controle de percevejos, contribuindo para a redução de emissões de gases de efeito estufa, sendo aderente a sistemas de produção de soja com baixa emissão de carbono.

Nas condições do presente experimento, a aplicação localizada não proporciona bons resultados para o manejo do percevejo-barriga-verde, *Diceraeus melacanthus*, que habitualmente ocorre de forma secundária em soja, demandando ampliação dos estudos em relação a esta espécie.

Referências

- CARNEVALLI, R. A.; PRANDO, A. M.; de LIMA, D.; BORGES, R. de S.; POSSAMAI, E. J.; REIS, E. A.; GOMES, E. C.; SILVA, G. C.; ROGGIA, S. **Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2022/2023 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2023. 44 p. (Embrapa Soja. Documentos, 455).
- CORRÊA-FERREIRA, B. S. Amostragem de 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. cap. 9, p. 631-672.
- ESCOBAR, N.; TIZADO, E. J.; ERMGASSE, E. K. H. J. zu; LÖFGREN, P.; BÖRNER, J.; GODAR, J. Spatially-explicit footprints of agricultural commodities: mapping carbon emissions embodied in Brazil's soy exports. **Global Environmental Change**, v. 62, 102067, 2020.
- HENDERSON, C. F.; TILTON, E. W. Tests with acaricides against the brow wheat mite. **Journal of Economic Entomology**, v. 48, p. 157-161, 1955.
- NEPOMUCENO, A. L.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; RUFINO, C. F. G.; DEBIASI, H.; NOGUEIRA, M. A.; FRANCHINI, J. C.; ALVES, F. V.; CARNEVALLI, R. A.; de ALMEIDA, R. G.; BUNGENSTAB, D. J.; DALL'AGNOL, V. F. **Programa SBC - Soja Baixo Carbono: um novo conceito de soja sustentável**. 2. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2023. 11 p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 100).
- PEREIRA, G. W.; VALENTE, D. S. M.; QUEIROZ, D. M. de; COELHO, A. L. de F.; COSTA, M. M.; GRIFT, T. Smart-Map: an open-source QGIS plugin for digital mapping using machine learning techniques and ordinary kriging. **Agronomy**, v. 12, n. 6, 1350, 2022.
- ROGGIA, S.; BUENO, A. de F.; OLIVEIRA, M. C. N. de; GREGO, C. R.; VICENTE, A. K.; VICENTE, L. E. Aplicação localizada de parasitoide de ovos e inseticida químico para o manejo do percevejo *Euschistus heros* em soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 9., 2022, Foz do Iguaçu. **Desafios para a produtividade sustentável no Mercosul: resumos**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. resumo 80, p. 98.

Predação de ovos do percevejo *Euschistus heros* em soja cultivada em sistema de baixo carbono

Nicolay Barros Ferreira⁽¹⁾, Nathalia Cuesta dos Santos⁽²⁾, Ana Júlia Tanko Ribeyre⁽³⁾, Gabriela Bes⁽⁴⁾, Matheus Domingues de Oliveira Araújo⁽⁵⁾, Marco Antonio Nogueira⁽⁶⁾, Roberta Aparecida Carnevalli⁽⁶⁾, Henrique Debiasi⁽⁶⁾, Samuel Roggia⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Registro, SP. ⁽²⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Norte do Paraná, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽³⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, PR. ⁽⁴⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, SC. ⁽⁵⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Federal de São Carlos, Lagoa do Sino, SP. ⁽⁶⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

A soja é um marco no desenvolvimento agroindustrial brasileiro, dividindo a história do setor em duas fases: antes da soja (até 1970) e depois da soja (anos 1970 até os dias atuais) (Hirakuri; Lazzarotto, 2014; Gazzoni; Dall'Agnol, 2018). A partir de então, a soja já havia se consolidado como a principal cultura do agronegócio nacional. A expansão do cultivo de soja no Brasil sempre esteve vinculada ao rápido desenvolvimento de tecnologias e pesquisas para atender à demanda internacional.

No entanto, a produção de soja é significativamente impactada pelos ataques de insetos-praga. Atualmente, uma das principais pragas é o percevejo-marrom (*Euschistus heros*), que causa danos diretos como manchas, deformações e queda prematura das vagens, resultando em perdas de produtividade e qualidade da produção colhida (Panizzi et al., 2012). Além disso, é crescente a frequência de populações dessa espécie de percevejos que apresentam resistência aos inseticidas disponíveis (Sosa-Gómez et al., 2001; Sosa-Gómez; Omoto, 2012).

O controle dessas populações é frequentemente realizado com inseticidas sintéticos (Bueno et al., 2011), mas o uso excessivo desses produtos promove a resistência dos percevejos, reduz os inimigos naturais, contamina o meio ambiente e apresenta riscos à saúde humana (Sosa-Gómez; Silva, 2010; Bueno et al., 2011; Belo et al., 2012). Em contraste, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) é uma alternativa sustentável, que proporciona adequada proteção da lavoura contra o ataque de pragas utilizando inseticidas de forma racional (Carnevalli et al., 2023).

Devido ao potencial de redução do uso de inseticidas, combustível e mão-de-obra para o controle de pragas, o MIP foi considerado entre as práticas componentes do Programa Soja Baixo Carbono (SBC) lançado pela Embrapa Soja, em 2023. O Programa visa apoiar a descarbonização global e reduzir as emissões de gases de efeito estufa (Nepomuceno et al., 2023). Entre as estratégias do programa, estão a criação de unidades demonstrativas para exemplificar práticas agrícolas com emissão de baixo carbono. Nesse contexto, parcelas demonstrativas foram conduzidas com objetivo de estudar a contribuição do sistema de produção de soja baixo carbono para a predação natural de ovos do percevejo-marrom.

Material e métodos

A pesquisa foi realizada na vitrine de tecnologias do programa Soja Baixo Carbono, na fazenda experimental da Embrapa Soja, situada na região norte do Paraná, nas coordenadas S 23°11'12,4" e L 51°10'53,7", durante a safra agrícola 2023/2024. Foram avaliados dois tratamentos: T1 - soja cultivada em um sistema de baixo carbono, com adoção do manejo integrado de pragas (MIP) e controle localizado; T2 - soja cultivada em um sistema representativo do método tradicionalmente adotado pelos agricultores da região, com pulverização calendarizada de inseticida em área total. As unidades experimentais consistiram em parcelas de 34 x 34 metros, utilizando a cultivar de soja BRS 1064 IPRO, semeada em 12/10/2023. O T1 foi conduzido em 4 parcelas, enquanto o T2 foi conduzido em 2 parcelas. Os inseticidas aplicados no experimento e estádios de aplicação são apresentados na Tabela 1. Todas as parcelas experimentais foram pulverizadas com fungicidas recomendados para o controle da ferrugem asiática da soja, nos estádios R2 e R3.

Tabela 1. Inseticidas aplicados ao longo do ciclo da soja. Londrina, PR, safra agrícola 2023/2024.

Data (estádio) ¹	Soja baixo carbono, com aplicações localizadas ²	Manejo tradicional da região, com aplicações em área total
07/12/2023 (R2)	Sem inseticida	Tiametoxam 141 g/ha + lambda-cialotrina 106 g/ha (ENGEO PLENO™ S, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.)
21/12/2023 (R3)	Sem inseticida	Tiametoxam 141 g/ha + lambda-cialotrina 106 g/ha (ENGEO PLENO™ S, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.)
16/01/2024 (R5.4)	Etiprole 200 g/ha (CURBIX 200 SC, Bayer S.A.); Adjuvante 0,2 mL/L (Silwet ECO, Rizobacter)	Sem inseticida
25/01/2024 (R6)	Acefato 970 g/ha (PERITO 970 SG, UPL do Brasil Indústria e Comércio de Insumos Agropec. S.A.); Acetamiprido 45 g/ha + fenpropatrina 67,5 g/ha (BOLD®, Iharabras S.A. Indústrias Químicas)	
01/02/2024 (R6)	Zeta-cipermetrina 40 g/ha + bifentrina 36 g/ha (HERO®, FMC Química do Brasil LTDA); Óleo mineral 3 mL/L (Assist® EC, BASF S.A.)	

¹ Data das aplicações de inseticidas realizadas ao longo do experimento e, em parênteses, o estágio de desenvolvimento da soja.

² Aplicações localizadas, realizadas em 16/01/2024 e 25/01/2024.

Em seis datas ao longo da fase de enchimento de grãos, do estágio R5.2 a R6 da soja, foi avaliada a predação de ovos de percevejos em campo. O método de ovos-isca foi usado, proporcionando a exposição em campo, por aproximadamente 24 horas, de cartelas contendo ovos de *E. heros*, para avaliar o percentual de predação natural. Ovos de percevejo obtidos da criação estoque, em laboratório, foram quantificados e colados em cartelas de papel. As cartelas identificadas quanto ao tratamento, repetição e número inicial de ovos, e foram fixadas em uma haste de metal branca de 2 mm de diâmetro, em duas posições: (1) a cerca de 10-20 cm do solo, em contato direto com as plantas de soja; (2) acima do dossel da soja, sem contato direto com as folhas, contendo uma faixa de cola entomológica aplicada na haste entre a cartela e o dossel de soja, a fim de evitar o acesso aos ovos por caminharmento.

Após o tempo de exposição previsto, as cartelas foram retiradas do campo e, em laboratório, foi realizada a quantificação dos ovos restantes. Em seguida foi calculado o percentual de predação de ovos, em relação ao número inicial de ovos levados ao campo. Os dados foram submetidos à análise exploratória pelo método de Box Plot e foram transformados pelo método de exponencial (elevando-se ao expoente 0,1 ou 0,2) visando atender aos pressupostos de homogeneidade de variâncias e distribuição normal. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a significância da diferença entre os tratamentos foi analisada pelo teste T. A análise exploratória foi realizada com o aplicativo online BoxPlotR (Spitzer et al., 2014), a transformação dos dados foi realizada no programa online Google Sheets e a ANOVA foi realizada com o programa computacional SASM-Agri (Canteri et al., 2001).

Resultados e discussão

A predação de ovos de percevejo foi significativamente superior no sistema de manejo de soja baixo carbono (SBC), em metade das datas amostradas (Figuras 1 e 2); nas demais datas não houve diferença significativa entre os tratamentos. O resultado indica maior preservação de predadores em SBC que, por tratar-se do primeiro ano de implantação do sistema na área, deve-se principalmente à adoção do manejo integrado de pragas. No SBC, a primeira aplicação de inseticida foi realizada em 16/01/2024, seguida de outras duas em 25/01/2024 e 01/02/2024, enquanto no sistema tradicional foram realizadas duas aplicações antecipadamente, em dezembro, nos estádios R2 e R3 (Tabela 1), quando a aplicação de inseticidas para o controle de percevejos não seria indicada devido, respectivamente, a ausência de vagens e densidade de percevejos abaixo do nível de controle (Corrêa-Ferreira, 2005).

Aplicações antecipadas de inseticidas reduziram significativamente a predação de ovos de percevejos a partir de 12/01/2024 e 17/01/2024, respectivamente, nas amostragens realizadas

acima e no interior do dossel da soja, persistindo até o final de janeiro/início de fevereiro. Esse resultado indica que a predação de ovos de percevejos é mais afetada pelas aplicações preventivas de inseticidas em relação às realizadas durante o enchimento de grãos. Isso deve-se, provavelmente, ao menor fechamento do dossel da soja, antes do enchimento de grãos, o que permite maior penetração de inseticida para o interior das plantas e solo, onde se abrigam adultos e imaturos de predadores. Assim, as aplicações preventivas realizadas em dezembro podem ter afetado negativamente alguma etapa do ciclo biológico dos predadores, o que, em meados de janeiro, foi observado como menor predação de ovos. Por outro lado, os dados indicam que sistemas de manejo mais conservativos, se mostram mais resilientes ao impacto da aplicação de inseticidas, pois mesmo após as pulverizações de inseticidas realizadas nas parcelas de SBC, o nível de predação se manteve significativamente maior do que no sistema tradicional, por cerca de duas semanas.

Os resultados evidenciam a importância de se avaliar o impacto de inseticidas na atividade de predação por pelo menos seis semanas após a aplicação dos produtos. Em três das quatro datas de análise, observou-se maior predação no interior do dossel da soja em comparação com os ovos expostos acima do dossel. Os percevejos geralmente depositam seus ovos no interior do dossel da soja, em folhas e vagens (Moraes, 2022), e a fase de ovos do percevejo *E. heros* dura aproximadamente cinco dias, sendo suscetível à predação nesse período. Portanto, o nível de predação de ovos observado nesse estudo, com tempo de exposição de cerca de 24 horas, pode ser considerado alto.

A menor predação observada nos ovos acima do dossel da soja deve-se principalmente à metodologia utilizada em que houve restrição de acesso por caminamento a esses ovos. Sendo, nesse caso, a predação atribuída a predadores com capacidade e hábito de voar. Isso indica que, em estudos que se deseja amostrar o nível de parasitismo de ovos de percevejos usando a metodologia de ovos-isca, é necessário utilizar número de ovos ou pontos amostrais excedentes, considerando que mais da metade podem ser perdidos por predação, mesmo restringindo o acesso de predadores por caminamento.

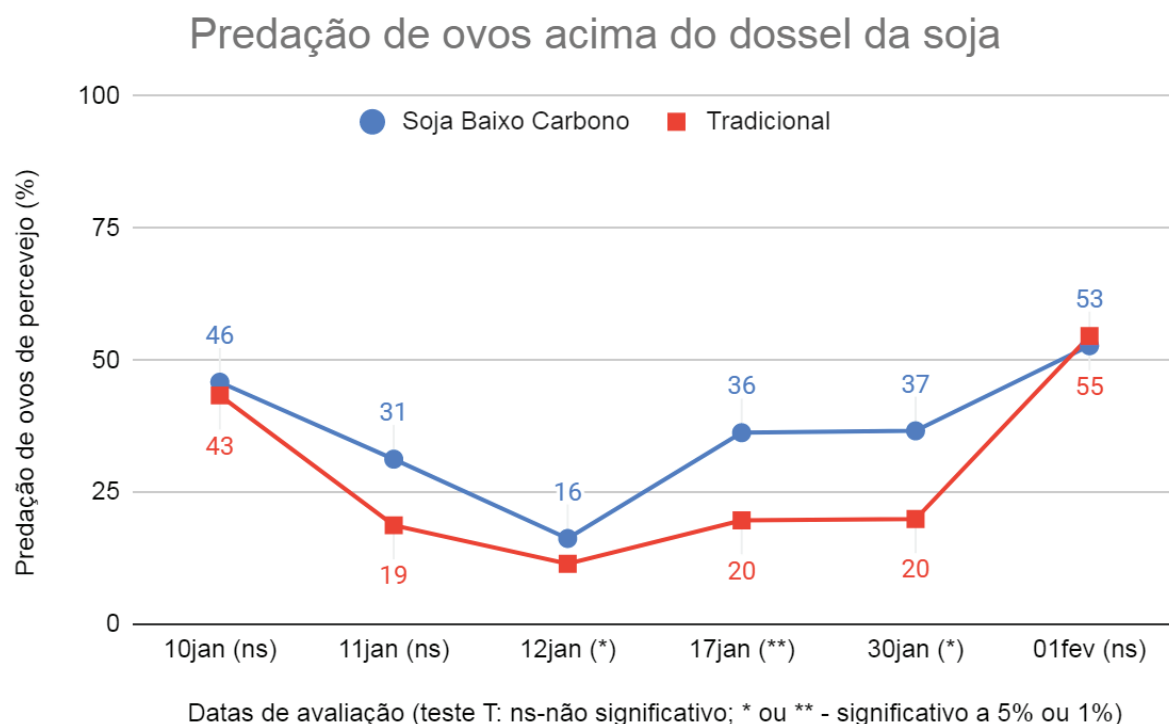


Figura 1. Predação de ovos do percevejo *Euschistus heros* em soja. Ovos expostos acima do dossel da soja. Londrina, PR, safra agrícola 2023/2024.

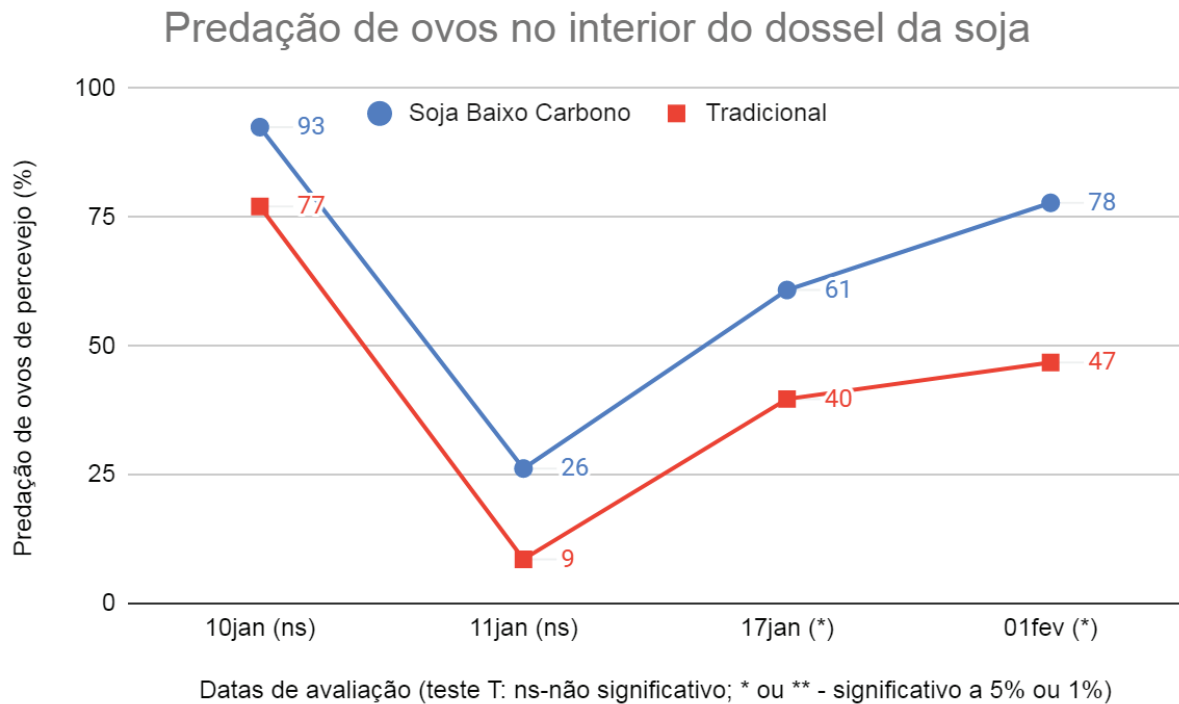


Figura 2. Predação de ovos do percevejo *Euschistus heros* em soja. Ovos expostos no interior do dossel da soja. Londrina, PR, safra agrícola 2023/2024.

Conclusões

O sistema de produção de soja baixo carbono que adota o manejo integrado de pragas proporciona maior percentual de predação natural de ovos do percevejo-marrom *Euschistus heros*, tanto no interior quanto acima do dossel da soja.

Referências

- BELO, M. S. da S. P.; PIGNATI, W.; DORES, E. F. G. de C.; MOREIRA, J. C.; PERES, F. Uso de agrotóxicos na produção de soja do estado do Mato Grosso: um estudo preliminar de riscos ocupacionais e ambientais. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 37, n. 125, p. 78-88, 2012.
- BUENO, A. de F.; BATISTELA, M. J.; BUENO, R. C. O. de F.; FRANCA-NETO, J. 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, n. 7, p. 937-945, 2011.
- 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, n. 2, p. 18-24, 2001.
- CARNEVALLI, R. A.; PRANDO, A. M.; de LIMA, D.; BORGES, R. de S.; POSSAMAI, E. J.; REIS, E. A.; GOMES, E. C.; SILVA, G. C.; ROGGIA, S. **Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2022/2023 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2023. 44 p. (Embrapa Soja. Documentos, 455).
- CORRÊA-FERREIRA, B. S. Suscetibilidade da soja a percevejos na fase anterior ao desenvolvimento das vagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 11, p. 1067-1072, 2005.
- GAZZONI, D. L.; DALL'AGNOL, A. Paralelo entre a soja no mundo e no Brasil. In: SOJA: quebrando recordes: CESB: 10 anos de máxima produtividade. Sorocaba: CESB, 2018. p. 37-59.
- HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 70 p. (Embrapa Soja. Documentos, 349).
- MORAES, J. S. **Caracterização de genótipos de soja sobre parâmetros biológicos e sítio de oviposição de insetos-praga em condições de campo e de armazenamento**. 2022. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Conservacionista) - Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná - IAPAR-EMATER, Londrina.

NEPOMUCENO, A. L.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; RUFINO, C. F. G.; DEBIASI, H.; NOGUEIRA, M. A.; FRANCHINI, J. C.; ALVES, F. V.; CARNEVALLI, R. A.; de ALMEIDA, R. G.; BUNGENSTAB, D. J.; DALL'AGNOL, V. F. **Programa SBC - Soja Baixo Carbono**: um novo conceito de soja sustentável. 2. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2023. 11 p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 100).

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. **Soja**: manejo integrado de insetos e outros Artrópodes-praga. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 335-420.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORSO, I. C.; MORALES, L. Insecticide resistance to endosulfan, monocrotophos and metamidophos in the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros*. (F.). **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 2, p. 317-320, 2001.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; OMOTO, C. Resistência a inseticidas e outros agentes de controle em artrópodes associados à cultura 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. 673-723.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; SILVA, J. J. da. Neotropical brown stink bug (*Euschistus heros*) resistance to methamidophos in Paraná, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 7, p. 767-769, 2010.

SPITZER, M.; WILDENHAIN, J.; RAPPSILBER, J.; TYERS, M. BoxPlotR: a web tool for generation of box plots. **Nature Methods**, v. 11, n. 2, p. 121-122, 2014.

Seleção de linhagens de soja com característica de tolerância a percevejos sugadores de sementes

Matheus Bruniera Ferreira⁽¹⁾, Felipe de Sante Prevital⁽²⁾, Carlos Alberto Arrabal Arias⁽³⁾, Ivani de Oliveira Negrão Lopes⁽³⁾, Guilherme Julião Zocolo⁽³⁾, Clara Beatriz Hoffmann-Campo⁽³⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Anhanguera, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Estudante de Agronomia, Unifil, estagiário na Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽³⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

A soja (*Glycine max*) é uma das culturas mais importantes no Brasil. Desde 2020, o país é o maior produtor mundial de soja. Na safra 2023/2024, a produção atingiu 147,6 milhões de toneladas, ocupando uma área de 45,7 milhões de hectares (Conab, 2024). Essa cultura é uma *commodity* importante para exportação, além de ser usada na fabricação de óleo e na produção de ração animal devido ao seu alto teor de proteína.

Fatores bióticos, como os insetos-praga, podem comprometer a produtividade da cultura e os percevejos são pragas que causam prejuízos irreversíveis à soja. Nas vagens, os grãos se tornam chochos e enrugados, afetando a qualidade (baixo vigor e germinação) podendo ainda causar retenção foliar e hastes verdes (Sosa-Gómez et al., 2023). Quatro espécies de percevejos destacam-se pela ocorrência na soja (Panizzi et al., 2012): percevejo-marrom (*Euschistus heros*), percevejo barriga-verde (*Diceraeus* sp), percevejo-verde-pequeno (*Piezodorus guildinii*) e percevejo-verde (*Nezara viridula*).

O controle de percevejos na soja tem sido realizado basicamente com a aplicação de inseticidas, na maioria das vezes sem seguir as orientações do manejo integrado de pragas (MIP-Soja) (Sosa-Gómez; Omoto, 2012). Dessa forma, os insetos estão desenvolvendo resistência aos princípios ativos mais utilizados na cultura, tornando difícil o seu controle. A busca por alternativas de controle tornou-se essencial, e o desenvolvimento de cultivares com resistência/tolerância ao ataque de percevejos é uma importante opção. A Embrapa Soja possui, em seu portfólio, cinco cultivares denominadas Block®, que apresentam tolerância ao ataque de percevejos sugadores de sementes (Arias et al., 2022). Para incrementar o desenvolvimento de genótipos com essa tecnologia, anualmente são instalados experimentos com o objetivo de selecionar novas linhagens resistentes/tolerantes aos percevejos, dentre aquelas desenvolvidas por melhoramento genético tradicional.

Material e métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Embrapa Soja, em Londrina, PR. Utilizaram-se parcelas com quatro linhas de soja, cada uma com oito metros de comprimento. A área útil foi composta por duas linhas centrais de plantas com seis metros de comprimento. O delineamento experimental empregado foi o de blocos incompletos (Yates, 1936), adequado para experimentos com muitos tratamentos, onde não é possível implantar todos os tratamentos em todos os blocos. Para a seleção do delineamento ótimo, foi utilizado o procedimento "optex" do sistema SAS/STAT (SAS, 2016). Os parâmetros fornecidos foram 12 blocos e oito parcelas por bloco, totalizando 96 parcelas com genótipos das plataformas RR e IPRO. O número de repetições para cada genótipo, assim como seus respectivos grupos de maturidade, está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Genótipos, grupo de maturidade, número de repetições de genótipos de soja das plataformas RR e IPRO para seleção de linhagens tolerantes ao ataque de percevejos sugadores de sementes

Genótipos	Grupo de Maturidade	Número de repetições
BRS 543RR	6.1	4
BRS 1003IPRO	6.3	4
DM 66I681IPRO	6.6	5
NA 5909RG	6.1	4
BMX FIBRAIPRO	6.4	4
BRS 1064IPRO	6.4	4
BRB19-219569	6.8 (6.9) ¹	4
BRB20-901549RT	6.0	4
BRB18-243877	5.9 (6.9) ¹	4
BRB19-223132	6.0	4
BRDB21-40220	6.2	5
BRDB21-40005	6.4	4
BRDB21-41025	5.9	4
BRDB21-41805	6.5	5
BRDB21-41844	6.3	5
BRDB21-41532	6.3	4
BRDB21-40625	6.1	4
BRDB21-40018	6.4	4
BRDB21-40465	5.9	4
BRDB21-41781	6.1	4
BRDB21-40956	5.9	4
BRDB21-41845	6.5	4
BRDB21-41788	6.5	4

¹Dependente da Região Edafoclimática de Adaptação (REC)

A semeadura dos genótipos foi realizada no dia 17 de novembro de 2023, utilizando uma semeadora de parcelas. Os tratamentos culturais foram conduzidos de acordo com as tecnologias de produção de soja (Seixas et al., 2020). Foram realizadas sete avaliações semanais utilizando o pano de batida para quantificar a população e qualificar as espécies de percevejos adultos e ninfas grandes (a partir do estágio N3) presentes no campo.

A colheita foi feita de acordo com o grupo de maturidade de cada genótipo, avaliando nesse momento, a retenção foliar e a ocorrência de hastes verdes em uma escala de 1 a 4 (1-maturidade normal; 2-25%; 3-50% e 4-mais de 75% de folhas retidas e hastes verdes). No laboratório, foi avaliado o peso de grãos colhidos (g), a partir do qual se calculou a produtividade em quilogramas por hectare. Desses, foram separadas alíquotas de 50g para a classificação visual da qualidade dos grãos entre: sementes (PPB), grãos aceitáveis para comercialização (PPM) e grãos descartáveis (PPR). A soma de PPB e PPM foi definida como grãos comercializáveis (PPGC).

As análises estatísticas dos dados obtidos foram realizadas utilizando o procedimento “glimmix”, também do sistema SAS/STAT (SAS, 2016), considerando-se a opção de interceptos aleatórios para a correção da informação inter-blocos. As distribuições estatísticas que melhor se ajustaram aos dados foram: gama (PPGC e PSR) e normal (demais). As médias foram estimadas utilizando o comando “lsmeans”, com a opção “BLUP” que permitiu a correção do efeito aleatório

de intercepto. Essas médias foram correlacionados com a população semanal de percevejos avaliadas no campo.

Resultados e discussão

As populações de percevejos fitófagos na safra 2023/2024 foram elevadas (próximas de 20 insetos por amostragem), o que aumentou a intensidade de grãos danificados pela praga. A espécie mais abundante foi *E. heros*, seguida de *P. guildinii*. As espécies *N. viridula*, *Diceraeus* spp. e *Chinavia* spp. também foram registradas, porém com baixa frequência. As amostragens foram realizadas nos dias 24/01/2024, 31/01/2024, 07/02/2024, 15/02/2024, 21/02/2024, 28/02/2024 e 06/03/2024. Devido ao percentual de sementes ter sido próximo a zero na maioria das parcelas, essa variável não foi analisada individualmente.

As correlações entre as contagens de percevejos e as variáveis avaliadas em laboratório foram maiores nas amostragens realizadas nas duas últimas datas (Tabela 2). Dessa forma, optou-se por mostrar os gráficos de dispersão entre as respostas agrônômicas observadas nos genótipos aos ataques de percevejos (adultos + ninfas, de todas as espécies) na data 06/03.

Tabela 2. Correlações (%) entre populações de percevejos e as variáveis agrônômicas produção (kg ha⁻¹), grãos comercializáveis (%), grãos descartáveis (%) e retenção foliar (escala de 1-4)¹

Variável agrônômica	Datas	<i>Euschistus heros</i>			Percevejos (todas espécies) ²		
		Adultos	Ninfas	Total (A+N)	Adultos	Ninfas	Total (A+N)
Produção	15/02	13%	11%	11%	23%	14%	18%
	21/02	30%	7%	22%	23%	5%	14%
	28/02	-60%	-12%	-52%	-59%	-23%	-58%
	06/03	-78%	-15%	-79%	-76%	-38%	-84%
Grãos comercializáveis	15/02	38%	33%	37%	35%	40%	41%
	21/02	51%	8%	35%	49%	11%	30%
	28/02	-79%	-8%	-66%	-72%	-21%	-68%
	06/03	-86%	-8%	-86%	-90%	-21%	-88%
Grãos descartáveis	15/02	-37%	-31%	-35%	-36%	-38%	-40%
	21/02	-50%	-7%	-33%	-48%	-11%	-29%
	28/02	78%	9%	66%	71%	22%	68%
	06/03	87%	9%	87%	90%	24%	89%
Retenção Foliar	15/02	-57%	-50%	-56%	-43%	-55%	-55%
	21/02	-57%	-9%	-40%	-57%	-16%	-37%
	28/02	65%	-7%	48%	53%	6%	45%
	06/03	70%	1%	69%	73%	20%	72%

¹ 1 (sem folhas ou hastes verdes), 2 (25% folhas ou hastes verdes), 3 (50 % de folhas ou hastes verdes) e 4 (acima de 75% folhas ou hastes verdes)

² *E. heros*, *Piezodorus guildinii*, *Nezara viridula*, *Diceraeus* sp. e *Chinavia* sp.

A Figura 1A mostra que apenas cinco linhagens apresentaram produtividade superior a 2000 kg ha⁻¹: BRB18-243877, BRDB21-40956, BRB20-901549RT, BRDB21-40465 e BRDB21-40625. Os padrões suscetíveis BMX FibrilPRO e DM 66I681IPRO, bem como a linhagem BRB19-219569, produziram menos de 1000 kg ha⁻¹. Além disso, esses padrões suscetíveis e a linhagem BRB19-219569 apresentaram um percentual de grãos comercializáveis abaixo de 10%, em contraste com as linhagens BRDB21-41025 e BRB20-901549RT, que obtiveram percentuais próximos a 80% (Figura 1B). A retenção foliar máxima foi observada nas cultivares padrão (Figura 2B) e o percentual de descarte de grãos nesses genótipos foi próximo a 100% (Figura 2A).

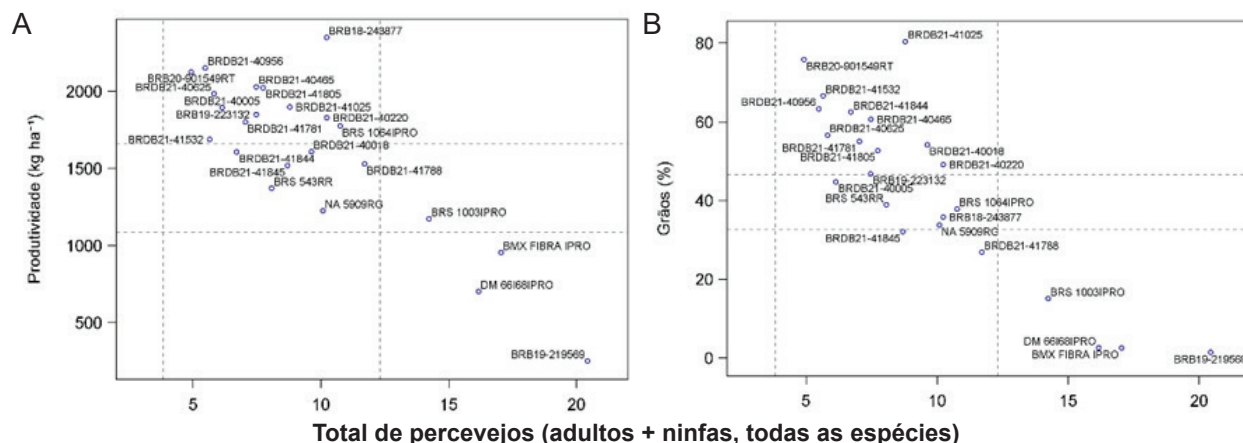


Figura 1. Produtividade (kg ha⁻¹) (A) e grãos comercializáveis (%) (B) obtidos por genótipos de soja submetidos a pressão populacional natural no campo (*Euschistus heros*, *Piezodorus guildinii*, *Nezara viridula*, *Diceraeus* spp. e *Chinavia* spp.) para seleção de linhagens-candidatas a cultivares com tecnologia Block®.

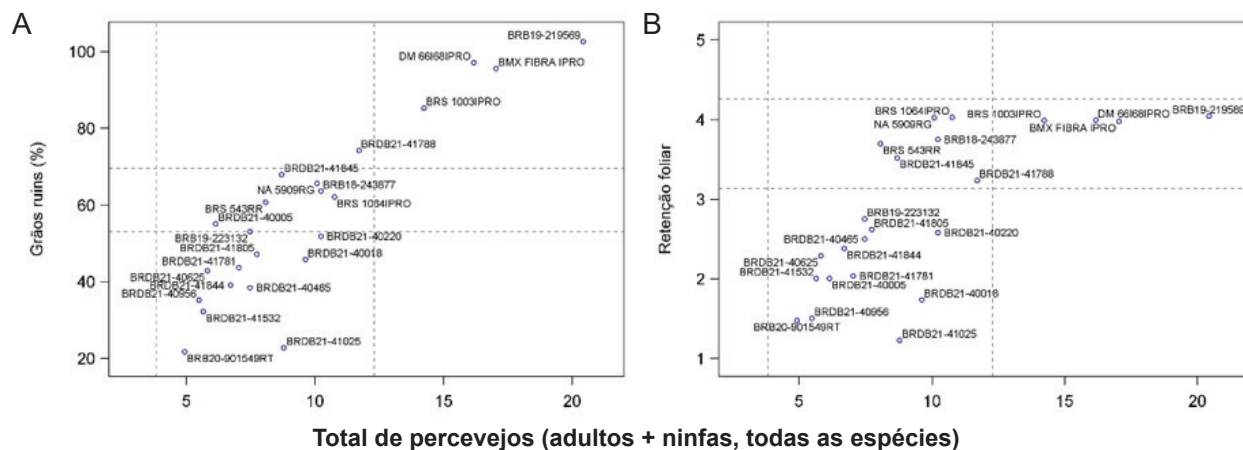


Figura 2. Grãos descartáveis (%) (A) e retenção foliar (escala 1-4) (B) obtidos por genótipos de soja submetidos a pressão populacional natural no campo (*Euschistus heros*, *Piezodorus guildinii*, *Nezara viridula*, *Diceraeus* spp. e *Chinavia* spp.) para seleção de linhagens-candidatas a cultivares com tecnologia Block®.

Embora problemas climáticos e, principalmente, a elevada população de percevejos tenham prejudicado significativamente a produtividade de todos os materiais testados, foi possível selecionar as linhagens BRB18-243877, BRDB21-40956, BRB20-901549RT, BRDB21-40625 e BRDB21-40465. Essas linhagens não só produziram o dobro das cultivares suscetíveis padrão em termos de produtividade e menor ciclo, como também geraram grãos de melhor qualidade, resultando em menores descontos pelos compradores (ou pela indústria).

Em relação aos grãos comercializáveis, as linhagens BRDB21-41025 e BRB20-901549RT apresentaram valores próximos ou superiores a 80%, em contraste com os padrões, que tiveram apenas 10% ou menos de grãos comercializáveis. Essas linhagens também exibiram as menores notas de retenção foliar e percentual de grãos descartáveis.

Conclusões

As linhagens BRB18-243877, BRDB21-40956, BRB20-901549RT, BRDB21-40625 e BRDB21-40465 foram selecionadas por apresentarem maior produtividade em relação às cultivares suscetíveis padrão e produzirem grãos de melhor qualidade quando expostas à elevada população de percevejos.

Referências

- ARIAS, C. A. A.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; SOARES, R. M.; MEYER, M. C. Contribuição do melhoramento genético da soja para o manejo de doenças e pragas. In: MEYER, M. C.; BUENO, A. de F.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da (ed.). **Bioinsumos na cultura da soja**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. cap. 3. p. 53-72.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, v.11 - safra 2023/24, n. 8 - oitavo levantamento, maio 2024. Brasília, DF: Conab, 2024. 117 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 02 jul. 2024.
- 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.
- SAS. **SAS/STAT software**. versão 9.4. Cary: SAS Institute Inc., c2016.
- 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).
- SOSA-GÓMEZ, D. R.; CÔRREA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORSO, I. C.; 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. 104 p. (Embrapa Soja. Documentos, 269).
- SOSA-GÓMEZ, D. R.; OMOTO, C. Resistência a inseticidas e outros agentes de controle em artrópodes associados à cultura 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. 673-723.
- YATES, F. A new method of arranging variety trials involving a large number of varieties. **The Journal of Agricultural Science**, v. 26, n. 3, p. 424-455, 1936.

Parâmetros reprodutivos de fêmeas do percevejo *Euschistus heros* com diferentes massas corporais

Matheus Domingues de Oliveira Araújo⁽¹⁾, Nicolý Barros Ferreira⁽²⁾, Nathalia Cuesta dos Santos⁽³⁾, Samuel Aparecido Pereira da Silva⁽⁴⁾, Samuel Roggia⁽⁵⁾

⁽¹⁾Estudante de Agronomia, Universidade Federal de São Carlos, Lagoa do Sino, SP. ⁽²⁾Estudante de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Registro, SP. ⁽³⁾Estudante de Agronomia, Universidade Norte do Paraná, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽⁴⁾Estudante de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, RS. ⁽⁵⁾Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

A soja, uma das principais fontes de proteína vegetal cultivada no mundo, passa por um momento importante na busca de técnicas mais sustentáveis, visto que, com o aumento da produção há uma maior pressão de pragas e doenças, ocasionando ainda mais a utilização de produtos sintéticos que geram uma carga ao meio ambiente (Carnevali et al., 2023)

Nesse sentido, deve-se procurar métodos mais sustentáveis para mitigar os danos ao meio ambiente e buscar reduzir custos com insumos e operações nas lavouras. O manejo integrado de pragas (MIP) vem ao encontro dessas necessidades, pois trata-se de um conjunto de tecnologias que possibilitam manejar as pragas de forma sustentável em seus três pilares: ambiental, social e econômico. O MIP consiste em um monitoramento semanal, para verificar injúrias e a densidade populacional de pragas, para então analisar se há necessidade de fazer algum manejo na área, possibilitando tomar a melhor decisão a partir dos dados coletados em campo, reduzindo o volume de inseticidas, consumo de combustível e a pressão de seleção de pragas resistentes (Bueno et al., 2023).

Com relação às pragas da soja, destaca-se o percevejo-marrom *Euschistus heros* (Fabricius), por apresentar elevado potencial de dano à cultura, pois ataca diretamente nas vagens e nos grãos, proporcionando abortamento das vagens e deformação dos grãos, concomitantemente, diminuindo sua massa e seu teor de óleo (Panizzi et al., 2012). Além disso, há populações que apresentam baixa suscetibilidade a inseticidas (Sosa-Gómez; Omoto, 2012; Sosa-Gómez et al., 2020), assim como, observado uma grande variabilidade genética entre as populações de *E. heros*, formando grupos que diferem em relação a suas resistências a inseticidas (Tibola et al., 2021).

O controle biológico de *E. heros* é uma tática de manejo com grande potencial de redução populacional do percevejo ao utilizar de predadores, parasitoides e entomopatógenos, que já compunham o ambiente ou foram introduzidos no agroecossistema (Bueno et al., 2012). A utilização de parasitoides como o *Telenomus podisi* é uma alternativa para o controle do percevejo-marrom, visto que estudo demonstrou a redução de 64% de grãos picados em área com aplicação localizada do parasitoide em comparação com áreas com aplicação de inseticidas em área total (Roggia et al., 2022).

No entanto, para obtenção dos parasitoides é necessária a criação de percevejos para produção de ovos em larga escala. O custo de produção de ovos de percevejos é um dos principais gargalos para o avanço de programas de controle biológico com parasitoides. Assim, são relevantes estudos que visem otimizar o processo produtivo, aumentar a eficiência produtiva e a produtividade, e reduzir custos de produção de ovos de percevejo.

Criações massais, em escala industrial, demandam indicadores para o monitoramento da qualidade e eficiência do processo produtivo. O total de ovos produzidos por lote de percevejos é o indicador direto do seu desempenho, no entanto, demanda registro da produção de ovos ao longo do ciclo e não é preditivo, ou seja, gera um relatório de desempenho para lotes finalizados. Dessa forma, é relevante a busca por parâmetros indicadores de desempenho da criação que deem subsídios para a tomada de decisão preventivamente, indicando o mais rápido possível a ocorrência de alguma anomalia no processo produtivo e a necessidade de correções ou, por

outro lado, apontando eventuais ajustes metodológicos que resultarão em melhorias. O estudo de Ferreira et al. (2020), sugere que a oviposição da primeira semana de produção é indicadora da produção total de ovos de fêmeas de *E. heros*. Esse procedimento pode ser bastante adequado para adoção em um processo produtivo de larga escala, porém avanços na automação e na sensibilidade de sensores podem proporcionar a possibilidade de monitoramento de outros parâmetros, como a massa corporal de percevejos. Portanto, é relevante relacionar deste parâmetro com a produção de ovos e outros atributos de desempenho da criação.

O objetivo do trabalho foi analisar a oviposição e longevidade de fêmeas do percevejo *Euschistus heros*, comparativamente entre grupos de diferentes massas corporais, visando gerar indicadores técnicos de qualidade para a produção massal em escala industrial.

Material e métodos

Foi utilizado delineamento experimental inteiramente casualizado. Cada unidade experimental foi composta por um casal de percevejos recém-emergidos (24-48h), os quais foram obtidos de criação estoque. Cada casal foi mantido em uma caixa de poliestireno cristal (11 x 11 x 3,5 cm), contendo seu fundo forrado internamente por papel filtro, com duas aberturas teladas na tampa de aproximadamente 2 cm de diâmetro para ventilação. Em cada caixa foi inserido como alimento uma vagem de feijão do tipo macarrão, a qual foi lavada antes do fornecimento para reduzir os resíduos do produto comercial; um grão de amendoim cru tratado externamente com Nipagim; dois grãos maduros de soja da cultivar NA 5909 RR; e água ofertada em algodão hidrófilo acondicionado no interior de um tubo de microcentrífuga de 2 mL. O experimento foi conduzido em câmara climatizada ($26^{\circ} \pm 2^{\circ}$ C, $70 \pm 20\%$ UR e fotoperíodo de 14 horas).

Cada um dos adultos de *E. heros* estudados foi avaliado previamente quanto a sua massa corporal. Em seguida foram formados 100 casais. Os tratamentos consistiram em quatro grupos de 25 casais cada, sendo cada grupo correspondente a uma classe de massa corporal da fêmea do casal. Os grupos foram delimitados pela análise de quartis e foram identificados como quartil 1, 2, 3 e 4, sendo o primeiro o de menor massa e os demais de massas crescentes.

Três vezes por semana (segunda, quarta e sexta-feira) foi realizada avaliação da oviposição e longevidade, e ocorrendo morte do macho este foi substituído por outro da criação estoque. Quando ocorreu a morte da fêmea, o macho foi devolvido para a criação estoque ou realocado em outra caixa com necessidade de substituição. O manejo de machos foi realizado de modo que a fêmea permanecesse o menor tempo possível desacompanhada de macho. Nas datas de avaliação foi realizada a troca de alimento, água, papel de fundo e limpeza da caixa. O experimento foi conduzido por 48 dias, até a morte da última fêmea.

Ao final do experimento, para cada fêmea, foram obtidos dados de oviposição total, longevidade e oviposição diária. Esses dados obtidos foram submetidos à análise exploratória pelo método de box plot e foram transformados pelo método de exponencial (elevando-se ao expoente 0,1) visando atender aos pressupostos de homogeneidade de variâncias e distribuição normal. Em seguida, os dados foram submetidos ao teste de variância (ANOVA) e as médias dos tratamentos (grupos) foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. A análise exploratória foi realizada com o aplicativo online BoxPlotR (Spitzer et al., 2014), a transformação dos dados foi realizada no programa on line Google Sheets e a ANOVA foi realizada com o programa computacional SASM–Agri (Canteri et al., 2001).

Resultados e discussão

As fêmeas de maior massa corporal apresentaram maior produção de ovos, longevidade e oviposição diária em relação às fêmeas de menor massa corporal (Tabela 1). As fêmeas de maior massa corporal (quartil 4) não diferiram significativamente do segundo grupo (quartil 3) em todos os parâmetros avaliados, e não diferiram do quartil 2 para o parâmetro de produção diária de

ovos. O quartil 1 foi significativamente inferior em todos os parâmetros, indicando que a menor massa corporal compromete a capacidade reprodutiva das fêmeas.

Tabela 1. Parâmetros biológicos de fêmeas do percevejo *Euschistus heros*, com diferentes massas corporais. Estudo conduzido em laboratório a $26 \pm 2^\circ \text{C}$; $70 \pm 20\%$ de UR e fotoperíodo de 14 h.

Grupos	Massa de fêmeas (mg)	Oviposição total ^{1,2} (número de ovos)	Longevidade de fêmeas ^{1,3} (dias)	Oviposição diária ^{1,2} (número de ovos/dia)
Quartil 4	89,44	123,27 a	21,72 a	5,17 a
Quartil 3	79,20	62,00 ab	13,32 ab	3,97 a
Quartil 2	70,36	51,92 b	13,08 b	3,17 a
Quartil 1	52,34	21,05 c	8,48 b	1,53 b
CV (%)	6,09 %	22,24 %	9,18 %	15,38 %

¹ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância; ² Dados transformados por $y = (x + 0,02)^{0,1}$; ³ Dados transformados por $y = x^{0,1}$

A ocorrência de diferença significativa entre os grupos (quartis) para os parâmetros biológicos de longevidade e oviposição diária indica que a produção total de ovos é influenciada mais pela massa corporal do que pelo tempo de vida das fêmeas.

A maior produção de ovos por fêmeas de maior massa corporal pode estar relacionada a melhores condições de desenvolvimento destas na sua fase imatura. Que pode ter proporcionado tanto sua maior massa corporal quanto sua maior oviposição. Assim, sugere-se que melhorias na criação da fase de ninfa possam impactar positivamente no potencial de produção de ovos dos adultos.

Em biofábrica destinada à produção de parasitoides de ovos de percevejo, deseja-se otimizar o rendimento da produção de ovos. Em sistemas de produção de larga escala é importante o monitoramento da produção de ovos e a implementação de aperfeiçoamentos constantes no processo produtivo. Nesse contexto, o monitoramento da massa corporal de adultos recém-emergidos pode ser um parâmetro mais fácil, prático, rápido e preditivo do que apenas o monitoramento da oviposição, que demanda avaliação ao longo de todo o ciclo de adulto e revela resultados mais tardiamente para tomadas de decisão no processo de melhoria do sistema de criação. Com objetivo similar a Carrilho et al. (2020) demonstram que a duração e a viabilidade do período ninfal de N3-N5 são indicadores do potencial de oviposição de fêmeas. Já o estudo de Ferreira et al. (2020) demonstra que a produção de ovos acumulada, da primeira semana de oviposição da fêmea, é indicadora do potencial de produção ao longo da vida adulta da fêmea.

Além da aplicação desses resultados em sistemas de criação massal de percevejos, a avaliação da massa de adultos recém-emergidos pode ser adotada em protocolos rápidos para indicar os melhores tratamentos em experimentos que visem aperfeiçoar a técnica de criação de *E. heros* para produção de ovos. Com a vantagem, nesses casos de não demandar a individualização de casais, manutenção e avaliação da oviposição ao longo de toda fase adulta.

O estudo também indica a importância de padronização de fêmeas a serem usadas em experimentos em que se deseja avaliar resposta de tratamentos sobre a oviposição e mortalidade (longevidade). O estudo sugere que um dos critérios de padronização pode ser a massa corporal de fêmeas recém-emergidas. A longevidade de machos não variou significativamente entre os grupos de diferentes massas corporais (Tabela 2). No entanto, quando considerados em conjunto, fêmeas e machos, foi observada maior longevidade para o quartil 4, de maior massa corporal, sendo significativamente superior ao quartil 2 e 1.

Tabela 2. Longevidade de adultos do percevejo *Euschistus heros*, com diferentes massas corporais. Estudo conduzido em laboratório a $26 \pm 2^\circ \text{C}$; $70 \pm 20\%$ de UR e fotoperíodo de 14 h.

Grupos	Massa de machos (mg)	Longevidade de machos ¹ (dias)	Massa de adultos: machos + fêmea (mg)	Longevidade de adultos: machos + fêmea ¹ (dias)
Quartil 4	73,09	12,53 a	88,66	21,72 a
Quartil 3	66,70	10,67 a	73,90	13,37 ab
Quartil 2	61,54	11,43 a	65,94	10,78 b
Quartil 1	52,45	6,93 a	54,92	7,95 b
CV (%)	4,80 %	11,25 %	6,20 %	9,88 %

¹ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância, dados transformados por $y = x^{0.1}$

Além disso, o estudo indica a importância de identificação dos sexos, condução de experimentos com apenas um sexo, ou proporcionar que cada tratamento tenha proporções equivalentes de fêmeas e machos, pois estes grupos diferem entre si quanto a massa corporal e longevidade (Tabela 3). Sendo que as fêmeas apresentam em média maior massa corporal e maior longevidade, em relação aos machos.

Tabela 3. Massa corporal e longevidade de adultos do percevejo *Euschistus heros*. Estudo conduzido em laboratório a $26 \pm 2^\circ \text{C}$; $70 \pm 20\%$ de UR e fotoperíodo de 14 h.

Sexo	Massa corporal ¹ (mg)	Longevidade ¹ (dias)
Fêmeas	74,09 a	14,15 a
Machos	63,48 b	10,37 b
CV (%)	15,46%	10,40%

¹ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância, dados transformados por $y = x^{0.1}$

Conclusões

Fêmeas de *E. heros* de maior massa corporal apresentam maior produção de ovos e maior longevidade. A massa corporal de fêmeas recém-emergidas é um indicador do potencial de oviposição e da longevidade de fêmeas e pode ser usada como indicador de qualidade em sistema de produção massal de ovos, em escala industrial, e como parâmetro de avaliação rápida da resposta de tratamentos em experimentos que visem otimizar a produção de ovos de percevejos.

Referências

- BUENO, A. de F.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; HIROSE, E.; ROGGIA, S. **Manejo integrado de pragas da soja**: MIP - Soja. Londrina: Embrapa Soja, 2023. 1 folder.
- 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. 493-630.
- 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, n. 2, p. 18-24, 2001.
- CARNEVALLI, R. A.; PRANDO, A. M.; LIMA, D. de; BORGES, R. de S.; POSSAMAI, E. J.; REIS, E. A.; GOMES, E. C.; SILVA, G. C.; ROGGIA, S. **Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2022/2023 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2023. 44 p. (Embrapa Soja. Documentos, 455).
- CARRILHO, E. M.; FERREIRA, N.; MACIEL, R. M. A.; UEDA, T. E.; ROGGIA, S. Parâmetros biológicos de ninfas como indicadores do potencial de oviposição do percevejo *Euschistus heros*. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 15., 2020, Londrina. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2020. p. 187-194. (Embrapa Soja. Documentos, 429).

FERREIRA, N.; MACIEL, R. M. A.; CARRILHO, E. M.; UEDA, T. E.; ROGGIA, S. Parâmetros para descarte de adultos em criação de *Euschistus heros* visando a produção de ovos. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 15., 2020, Londrina. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2020. p. 195-201. (Embrapa Soja. Documentos, 429).

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 pragas e outros artrópodes-pragas**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 335-420.

ROGGIA, S.; BUENO, A. de F.; OLIVEIRA, M. C. N. de; GREGO, C. R.; VICENTE, A. K.; VICENTE, L. E. Aplicação localizada de parasitoide de ovos e inseticida químico para o manejo do percevejo *Euschistus heros* em soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 9., 2022, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Brasília, DF: Embrapa, 2022. p. 98.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; KRAEMER, B.; PASINI, A.; HUSCH, P. E.; VIEIRA, C. E. D.; MARTINEZ, C. B. R.; LOPES, I. de O. N. Prevalence, damage, management and insecticide resistance of stink bug populations (Hemiptera: Pentatomidae) in commodity crops. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 22, p. 99-118, 2020.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; OMOTO, C. Resistência a inseticidas e outros agentes de controle em artrópodes associados à cultura 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. 673-723.

SPITZER, M.; WILDENHAIN, J.; RAPPSILBER, J.; TYERS, M. BoxPlotR: a web tool for generation of box plots. **Nature Methods**, v. 11, n. 2, p. 121-122, 2014.

TIBOLA, C. M.; SILVA, L.; SGUBIN, F.; OMOTO, C. Monitoring resistance of *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae) to insecticides by using encapsulated artificial diet bioassay. **Insects**, v. 12, n. 7, p. 599, 2021.

Neutralização da acidez do solo em solos com CTC distintas

Maria Júlia Couto⁽¹⁾, Mariana Gomes Germano⁽²⁾, Fernanda Ramos de Andrade⁽²⁾, Joviano Jackson Kleinert⁽²⁾, Cesar de Castro⁽³⁾, Adilson de Oliveira Junior⁽³⁾, Fábio Alvares de Oliveira⁽³⁾

⁽¹⁾ Estudante de Licenciatura em Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Laboratório de Análise de Solo e Tecido Vegetal, Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽³⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

A acidificação do solo é um processo pedogenético natural, intensificado pela intemperização e pela atividade microbiológica durante a decomposição da matéria orgânica. Esse fenômeno resulta na remoção de cátions trocáveis da solução do solo, devido à lixiviação e absorção pelas plantas, culminando em uma condição ácida. A acidez do solo, decorrente da liberação de íons H^+ na solução do solo, é medida pela atividade deste íon expressa na forma logarítmica (pH). A acidez do solo constitui um fator crucial para a fertilidade, influenciando simultaneamente diversas propriedades do solo pertinentes ao desenvolvimento das plantas, tais como a disponibilidade de nutrientes e elementos tóxicos, a atividade biológica do solo e a eficiência no uso de fertilizantes (Bönecke et al., 2021).

A correção da acidez do solo em áreas agrícolas é realizada por meio do uso de corretivos, destacando-se o calcário. A estimativa correta da quantidade de calcário a ser aplicada é essencial para o êxito de qualquer programa de correção de solos, pois determina a necessidade do corretivo para elevar o pH dos solos e neutralizar a sua acidez, passando de uma condição inicial até outra desejada (Raij, 1991). A prática fundamental de calagem é empregada para elevar o pH do solo de uma condição ácida limitante para um nível adequado ao desenvolvimento das plantas. A recomendação de calagem baseia-se nas propriedades do solo, acidez ativa e no poder tampão, determinados por diferentes métodos, incluindo: (i) titulação direta, (ii) incubação do solo com corretivo de acidez e (iii) o uso de uma solução tampão para estimar a capacidade do solo de resistir à mudança de pH (McLean, 1973).

No Brasil, a metodologia de recomendação de calagem mais empregada é a elevação da saturação por bases (V%), que apresenta relação direta com o pH (Catani; Galo, 1955). Esta relação é dependente da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo e, portanto, de seu poder tampão, sendo necessária a calibração regional para os tipos de solo predominantes.

O objetivo deste trabalho foi determinar a necessidade de calagem pelo método da incubação com corretivos de acidez para avaliar os indicadores de acidez e a efetividade do método de recomendação de calagem em solos com diferentes CTCs.

Material e métodos

Área experimental

Foram coletadas amostras de solo da camada superficial (0-10 cm) de um Argissolo Vermelho Amarelo (Solo PVA), de textura arenosa, e de um Latossolo Vermelho Distroférrico (Solo LVdf), de textura muito argilosa. As amostras foram secas e peneiradas para homogeneização e, em seguida, foram acondicionadas em potes plásticos com capacidade para 1 kg e colocadas em casa de vegetação. Foi realizada uma amostragem inicial para caracterização química do solo (tempo zero).

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com 5 repetições, para avaliação de tratamentos em esquema fatorial 2×5 , variando-se o tipo de solo (LVdf e PVA) e as doses de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) para neutralização da acidez (0 – 0,5 – 1 – 2 – 4 – 8 $cmol_c/dm^3$). Posteriormente à aplicação dos tratamentos, o solo foi mantido com umidade próximo a 70% da capacidade de campo. Após o tempo de reação de 60 dias, amostras de solo de cada

unidade experimental foram coletadas para a realização da análise química do solo, conforme a metodologia Embrapa (Teixeira et al., 2017).

Determinação do pH, acidez potencial (H+Al) e do cálcio trocável

Para cada amostra, foi coletado um volume de 8 cm³ em copos plásticos de 80 mL. Em seguida, foi preparado a solução extratora de KCl 1M, e 20 mL dessa solução foram adicionados em cada amostra. Durante 15 minutos as amostras foram agitadas em uma mesa orbital a 220 rpm e em seguida mantidas em repouso por 1 hora.

Posteriormente, preparou-se uma solução SMP. Cada amostra recebeu 4,0 mL dessa solução. Elas foram agitadas novamente em uma mesa orbital a 220 rpm durante 20 minutos antes de serem deixadas em repouso durante a noite. No dia seguinte, as amostras foram agitadas por 10 minutos adicionais a 220 rpm e mantidas em repouso por 30 minutos adicionais. Finalmente, o potencial hidrogeniônico foi avaliado por meio de um medidor de pH de bancada PG-2000 da Gehaka.

Resultados e discussão

Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros químicos dos solos utilizados no presente estudo (tempo zero).

Tabela 1. Caracterização química dos solos utilizados no experimento.

Solo	pH (0,01M CaCl ₂)	Al	H + Al (SMP)	Ca	Mg	K	SB	CTC	V	m	P
----- cmol _c /dm ³ -----								----- % -----			
Solo PVA	4,8	0,0	2,7	0,5	0,3	0,1	0,8	3,6	23	2,2	29
Solo LVdf	4,9	0,1	5,1	2,5	1,0	0,8	4,3	9,5	46	1,8	21

A partir dos resultados da coleta realizada em 60 dias (DAT) foram geradas Curvas de Neutralização da Acidez para cada solo em função das doses do corretivo aplicado (Figura 1). O gráfico apresenta respostas distintas entre os solos em função do tempo e das doses do corretivo de acidez.

É possível observar que o solo LVdf, com maior CTC, apresentou uma resposta linear ao aumento de pH até a aplicação de 8 cmol_c/dm³. A acidez ativa permanece abaixo de pH 7,0, mesmo com a aplicação da dose de calcário superior à acidez ativa inicial, indicando que corretivo ainda continua reagindo e que o solo também apresenta poder tampão de resistência à neutralização da acidez, sem uma tendência de estabilização.

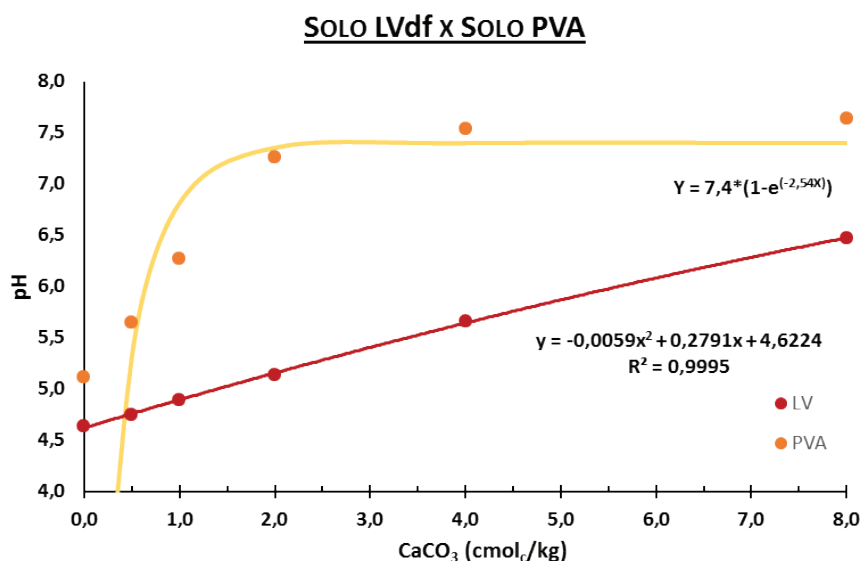


Figura 1. Curva de neutralização da acidez para o solo LVdf e solo PVA em resposta a aplicação de CaCO_3

Em contrapartida, o solo PVA com menor CTC, atingiu valores de pH alcalino e tendência de estabilização a partir da aplicação de CaCO_3 na dose de 2 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$. Observa-se que as doses superiores ao valor inicial de $\text{H}+\text{Al}$ foram excessivas, resultando em um pH de 7,5, o que sugere que há calcário não reagido presente no solo. Portanto, não é possível esperar em uma condição ideal de aumento da recuperação de cálcio ou redução da acidez potencial a partir de 2 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$.

A aplicação do corretivo de acidez padrão (CaCO_3) define uma reação balanceada estequiometricamente, solubilizando 1 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de Ca^{2+} para 1 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de $\text{H}+\text{Al}$ do solo neutralizado. Contudo, a diferença na capacidade de troca catiônica (CTC) entre os solos é um fator crítico para a definição do poder tampão e interfere no resultado analítico. Solos com maior CTC tendem a apresentar desvios maiores entre o valor teórico de neutralização e o valor prático, o que pode explicar a resistência observada na Figura 1 para o solo LVdf. Desta maneira, ao comparar as Figuras 1 e 2, o aumento do pH demonstra uma perspectiva específica da reação de cada solo à aplicação do corretivo, com resultados distintos para a acidez potencial e a disponibilidade de cálcio alcançadas.

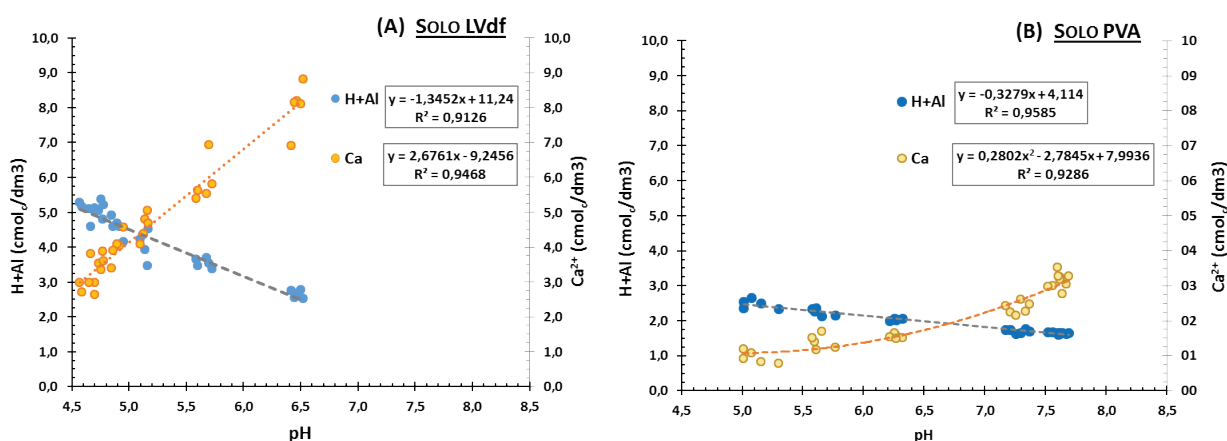


Figura 2. Acidez potencial e disponibilidade de cálcio em função do pH do (A) Solo LVdf (B) Solo PVA.

O solo LVdf (Figura 2A) apresenta uma linearidade em relação ao pH para a neutralização da acidez potencial e a substituição pelo Ca^{2+} , cátion acompanhante no corretivo aplicado. Assim, existe correlação entre a aplicação de CaCO_3 e a redução da acidez potencial ($\text{H}+\text{Al}$) e simultaneamente, um aumento na concentração de cálcio no solo. No entanto, a recuperação de Ca^{2+} trocável pelo método analítico foi de $\pm 4,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ na maior dose enquanto que a acidez poten-

cial foi reduzida de 5 para 2,5 cmol_c/dm³. Isso indica ausência de proporcionalidade estequiométrica e maior desvio para a H+Al em relação ao valor teórico, associado à determinação realizada por método indireto de correlação com o pH SMP para os solos do Paraná. Por essa razão, os valores devem estar subestimados para essa classe de solos de alta CTC.

No solo PVA (Figura 2B), somente H+Al apresentou linearidade em resposta à aplicação de CaCO₃ e elevação do pH, com pequena variação na faixa de pH alcalino. O cálcio, por sua vez, continuou aumentando na faixa de pH maior que 7,0, indicando que ocorreu a recuperação de cálcio não solubilizado nas maiores doses de CaCO₃, pelo extrator KCl 1M.

Conclusões

Com base nos resultados, pode-se concluir que a CTC do solo determina a amplitude de resposta à neutralização da acidez. É necessário avaliar os indicadores de acidez em solos de diferentes CTC por metodologias específicas, pois seus comportamentos frente à aplicação de corretivos de acidez são distintos. A acidez potencial deve ser determinada por correlação com o pH SMP utilizando-se faixas de variação da CTC. A aplicação excessiva de corretivos de acidez em solos de baixa CTC eleva o pH para valores alcalinos e resulta em superestimativa dos teores de cálcio trocáveis.

Referências

- BÖNECKE, E.; MEYER, S.; VOGEL, S.; SCHRÖTER, I.; GEBBERS, R.; KLING, C.; KRAMER, E.; LÜCK, K.; NAGEL, A.; PHILIPP, G.; GERLACH, F.; PALME, S.; SCHEIBE, D.; ZIEGER, K.; RÜHLMANN, J. Guidelines for precise lime management based on high-resolution soil pH, texture and SOM maps generated from proximal soil sensing data. **Precision Agriculture**, v. 22, p. 493-523, 2021. DOI: 10.1007/s11119-020-09766-8.
- CATANI, R. A.; GALLO, J. R. Avaliação da exigência em calcário dos solos do estado de São Paulo, mediante correlação entre o PH e a porcentagem de saturação em bases. **Revista de Agricultura**, v. 30, p. 49-60, 1955.
- MCLEAN, E. O. Testing soils for pH and lime requirement. In: WALSH, L. M.; BEATON, J. D. (ed.) **Soil testing and plant analysis**. Madison: SSSA, 1973. p. 78-83.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres; Piracicaba: Potafos, 1991. 343 p.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p.

Caracterização e avaliação do “óleo essencial Embrapa” aplicado sobre *Spodoptera frugiperda* e *Anticarsia gemmatalis*

Andressa Daniela Bastiansch⁽¹⁾, Gabriel Siqueira Carneiro⁽²⁾, Ana Paula da Silva Amaral Soares⁽³⁾, Isabel Roggia⁽⁴⁾, Clara Beatriz Hoffmann-Campo⁽⁵⁾, Adeney de Freitas Bueno⁽⁵⁾, Guilherme Julião Zocolo⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Estudante de Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾

Estudante de mestrado, Universidade Federal do Paraná, bolsista CNPq, Curitiba, PR.

⁽³⁾ Estudante de doutorado, Universidade Federal do Paraná, bolsista CNPq, Curitiba, PR. ⁽⁴⁾ Estudante de pós-doutorado, bolsista CNPq, Londrina, PR. ⁽⁵⁾ Pesquisador(a), Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

A soja (*Glycine max* L.) e o milho (*Zea mays* L.) são duas grandes culturas agrícolas mundiais, sendo a soja a principal cultura agrícola do Brasil. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), na safra 2023/2024, o Brasil estima produzir aproximadamente 147 milhões de toneladas de soja, em uma área de 45,7 milhões de hectares, com produtividade média de 3.229 kg/ha. Para o milho, a previsão é de 111 milhões de toneladas, em uma área de 20,6 milhões de hectares, com produtividade média de 5.414 kg/ha (Conab, 2024). Apesar da grande produção, as estimativas de perdas por ataques de insetos-pragas podem chegar de 36% a 58%, sendo os principais lepidópteros pragas das culturas do milho e soja *Spodoptera frugiperda* e *Anticarsia gemmatalis*, respectivamente (Silva et al., 2007).

O ataque de *S. frugiperda* pode ser notado em diversas fases de desenvolvimento da planta, levando a grandes prejuízos na produção de grãos em culturas como milho e sorgo (Figueiredo et al., 2006; Mendes et al., 2011). *A. gemmatalis* é encontrada em regiões tropicais e subtropicais, sendo limitada às Américas e presente na plantação desde o período de crescimento vegetativo até o final da floração. Em infestações, pode resultar na desfolha completa da planta (Hoffmann-Campo et al., 2000; Sosa-Gómez, 2004; Panizzi, 2013).

Atualmente, a principal abordagem para controlar pragas nas culturas da soja e milho consiste na aplicação de inseticidas sintéticos. Embora esses produtos sejam eficazes, seu uso frequente pode resultar no acúmulo de resíduos tóxicos nos alimentos e no ambiente, além de contribuir para o desenvolvimento de resistência entre os insetos (Campos et al., 2014; Mota-Sanchez; Wise, 2023).

Nesse cenário, o uso de óleos essenciais (OE) derivados de plantas não hospedeiras surge como uma alternativa promissora aos inseticidas sintéticos, apresentando propriedades repelentes e tóxicas para insetos e pragas agrícolas. Esses compostos botânicos oferecem potencial inseticida, reduzindo a dependência de produtos sintéticos prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana. No Brasil, a vasta diversidade de espécies vegetais existentes oferece um grande potencial para a descoberta de novos inseticidas botânicos, cujos subprodutos podem ser empregados de diversas maneiras no controle de pragas (Correa; Salgado, 2011; Isman, 2020).

Considerando o potencial efeito inseticida dos óleos essenciais e a necessidade de buscar ferramentas de controle de insetos-pragas que resultem em baixo impacto ambiental, o presente estudo tem como objetivo caracterizar os compostos presentes no óleo essencial identificado como “OE Embrapa” e avaliar a ação inseticida com base na mortalidade das lagartas *Anticarsia gemmatalis* e *Spodoptera frugiperda*.

Material e métodos

Os experimentos foram realizados nos Laboratórios de Entomologia e Ecologia Química da Embrapa Soja, na cidade de Londrina, Paraná.

Aquisição do óleo essencial

O óleo essencial utilizado nos bioensaios, denominado de “OE Embrapa”, foi adquirido comercialmente. Parte dos dados científicos obtidos foi preservada por fazer parte de um trabalho maior envolvendo a Embrapa e uma empresa parceira da iniciativa privada.

Análise cromatográfica

A composição química do óleo essencial foi determinada por cromatografia gasosa e espectrometria de massa (GC-MS) (CGMS-QP2010 SE, Shimadzu). A análise foi realizada no Laboratório de Análise de Materiais e Moléculas (LAMM) da Universidade Estadual de Londrina (UEL). Foi utilizada uma coluna capilar de sílica fundida Rtx-5MS-GC-MS, low-polarity phase; Crossbond diphenyl dimethyl polysiloxane (30 m x 0,25 mm ID x 0,25 µm de espessura de filme). O programa de temperatura utilizado foi uma rampa de 60°C inicial a 240°C final, com taxa de aquecimento de 3°C/min, temperatura do injetor de 220 °C, e temperatura de interface de 230 °C. Como gás de arraste foi utilizado o hélio de altíssima pureza (He, 99,99%) a 50 kPa e frequência de fluxo de 0,91 mL/min. A energia de ionização (IE) foi de 70 eV. A amostra diluída 1000x em hexano foi injetada com um volume de 1L utilizando injetor *headspace*, com corrida cromatográfica de 60 min. Os componentes do óleo essencial foram identificados por comparação direta dos seus espectros de massa correspondentes com os disponíveis na biblioteca Wiley (GC/MS), a partir da análise de maior similaridade (Adams, 2007).

Criação das lagartas

As lagartas das espécies *Anticarsia gemmatalis* e *Spodoptera frugiperda* utilizadas nos bioensaios foram obtidas a partir de criações mantidas no Laboratório de Entomologia da Embrapa Soja, Londrina, PR. As lagartas foram criadas em temperatura de $27 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 14/10 h (L/E). Na fase larval, foram mantidas em dieta artificial à base de feijão desenvolvida por Kasten et al. (1978) até passarem para a fase de pupa. Após a emergência, os casais foram separados e transferidos para gaiolas de acasalamento e oviposição (45 x 33 x 35 cm) forradas internamente com papel sulfite, que serviu de substrato para a oviposição das mariposas. Para a *S. frugiperda* foi oferecido como alimento uma solução de água (90%) e mel (10%) e para a *A. gemmatalis* uma solução de cerveja (40%) e vitaminas (60%). Estes alimentos líquidos foram colocados sobre um algodão dentro de uma placa de Petri (9,0 x 1,5 cm) e trocado diariamente a fim de evitar contaminação. As posturas de ovos no papel foram retiradas diariamente das gaiolas e mantidas até a fase larval em copos plásticos com dieta artificial, até serem utilizadas para os experimentos.

Preparação das soluções e bioensaios de aplicação tópica

Para a aplicação tópica foram preparadas soluções com o óleo essencial diluído em acetona nas concentrações de 150, 300, 450, 600 e 750 g/L. Lagartas em terceiro ínstar foram separadas em placas de Petri de 12 em 12 até completar um total de 96 lagartas para cada tratamento. A essas lagartas foi aplicado topicamente 1 de cada tratamento na região do metatórax. Após a aplicação, os insetos foram individualizados em placa de Elisa de 24 poços contendo dieta artificial para evitar fagoinibição, e mantidas em B.O.D com temperatura e umidade controladas (25°C, 70% U.R) durante o período de avaliação. Como controles experimentais foram utilizadas água e acetona (controles negativos) e os inseticidas Tracer® e Exalt® (dose de 50 mL/ha e 100 mL/ha para *Anticarsia gemmatalis* e *Spodoptera frugiperda*, respectivamente) como controle positivo.

A mortalidade das lagartas nos diferentes tratamentos foi avaliada em 24h, 48h e 72h. Os dados foram tratados estatisticamente pela análise ANOVA e teste Tukey 5% plotados no programa GraphPad Prism 10 e RStudio 4.0.0.

Resultados e discussão

O óleo foi caracterizado quimicamente a partir da análise de CG-MS, e com base nos dados foi obtido um cromatograma conforme apresentado na Figura 1.

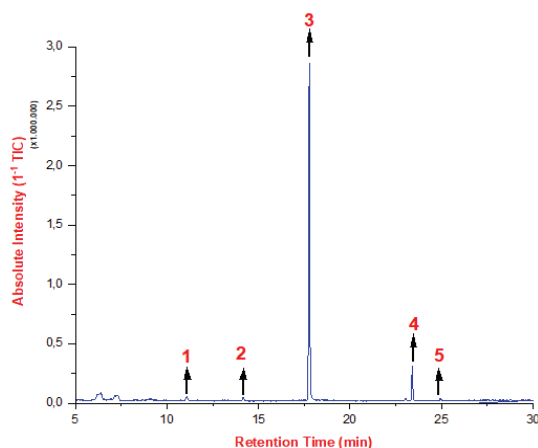


Figura 1. Cromatografia gasosa do OE Embrapa com identificação dos seus picos de interesse.

Por esta análise, foram identificados 5 picos de interesse com tempos de retenção de 11,090 (1), 14,165 (2), 17,780 (3), 23,410 (4) e 24,935 (5) min. A identificação dos compostos foi obtida pela comparação dos seus espectros de massas com os espectros de biblioteca. Com isso, foram identificados os compostos dos picos 1 a 5, sendo eles linalol, mentol, geraniol, acetato de geranila e β -cariofileno, nesta ordem crescente. Segundo Regnault-Roger (1997), o grupo dos monoterpenos (linalol e mentol) apresenta características que interferem na fisiologia dos insetos herbívoros, mas em sua maioria agindo como repelente.

No presente estudo foi avaliada a atividade do “OE Embrapa” sobre a *S. frugiperda* (Figura 2) e *A. gemmatilis* (Figura 3), por meio de aplicação tópica.

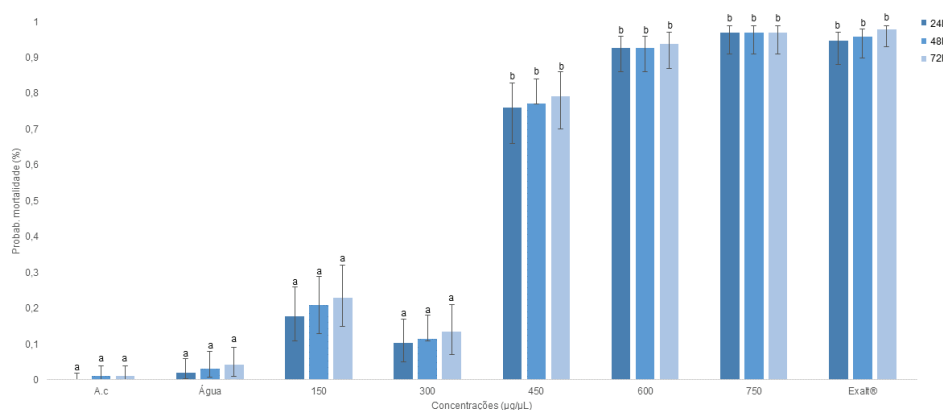


Figura 2. Mortalidade avaliada em três períodos de tempos com diferentes concentrações e controles para *S. frugiperda*. Letras diferentes entre o mesmo período de tempo apresentam diferença significativa ($p < 0,05$).

Para *S. frugiperda*, observou-se que as concentrações até 300 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ apresentaram mortalidades inferiores a 40%. Por outro lado, a partir de 450 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ após 24 horas a mortalidade ultrapassou 50%, chegando às 72h com 80% de mortalidade. Apesar de não ter diferença significativa, as concentrações de 600 e 750 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$, apresentaram mortalidade média de 92% e 96%, respectivamente. Para os controles negativos, obteve-se a mortalidade máxima de 4,16% para a água e 1,04% para a acetona, com 72h de avaliação. Já para o controle positivo, observou-se a mortalidade máxima de 97,91% no terceiro dia de avaliação, não apresentando diferença significativa com as concentrações de 450 a 750 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$.

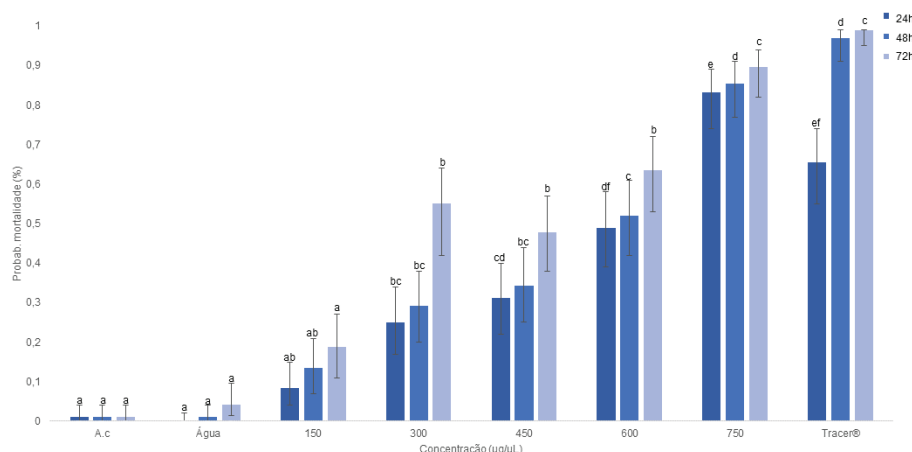


Figura 3. Mortalidade avaliada em três períodos de tempos com diferentes concentrações e controles para *A. gemmatalis*. Letras diferentes entre o mesmo período de tempo apresentam diferença significativa ($p < 0,05$).

Para *A. gemmatalis*, o perfil de mortalidade apresentou-se de forma gradativa conforme o aumento da concentração do OE. Mortalidades próxima a 50% foram observadas em 600 µg/µL nas primeiras 24 horas. Nas demais avaliações (24-48h), a chegou a 63%. Ao avaliarmos os controles negativos, observa-se a mortalidade máxima de 4,16% para a água e 1,04% para a acetona, com 72h de avaliação. Já para o controle positivo, observou-se a mortalidade máxima de 98,95% no terceiro dia de avaliação.

Com base nos dados de mortalidade foi elaborada a Tabela 1, que apresenta a relação entre as espécies e a taxa de mortalidade quando comparados o intervalo de tempo e a concentração de OE.

Tabela 1. Comparativo entre as mesmas concentrações e intervalos de tempo para as diferentes espécies.

Concentração	24h	48h	72h
150 µg/µL	<i>S. frugiperda</i>	<i>S. frugiperda</i>	<i>S. frugiperda</i>
300 µg/µL	<i>A. gemmatalis</i>	<i>A. gemmatalis</i>	<i>A. gemmatalis</i>
450 µg/µL	<i>S. frugiperda</i>	<i>S. frugiperda</i>	<i>S. frugiperda</i>
600 µg/µL	<i>S. frugiperda</i>	<i>S. frugiperda</i>	<i>S. frugiperda</i>
750 µg/µL	<i>S. frugiperda</i>	<i>S. frugiperda</i>	<i>S. frugiperda</i>

Os dados mostraram que a espécie *S. frugiperda* foi mais afetada pelo OE do que *A. gemmatalis*, exceto na concentração de 300 µg/µL. No entanto, menores concentrações (150 e 300 µg/µL) não resultaram em taxas maiores que 50% de mortalidade em ambas as espécies. A mortalidade acima de 50% foi observada a partir de 450 µg/µL para *S. frugiperda* (75%) e 750 µg/µL para *A. gemmatalis* (83%), mostrando que dentro das 24 horas avaliadas a espécie *A. gemmatalis* apresentou uma maior resistência.

Na avaliação de 48 horas, o mesmo padrão foi observado. As mortalidades para as menores concentrações não chegaram a 50%, ultrapassando este número apenas nas doses a partir de 600 µg/µL para *A. gemmatalis* (52%) e 450 µg/µL para *S. frugiperda* (76%).

Por fim, em 72 horas constatou-se que para a espécie *A. gemmatalis* a concentração de 300 µg/µL já obteve 50% de taxa de mortalidade. Em contrapartida, para a *S. frugiperda* a concentração de 450 µg/µL apresentou mais de 70% de mortalidade.

O efeito tóxico do OE por aplicação tópica pode ser explicado pelo efeito que alguns inseticidas botânicos apresentam sobre o mecanismo de ação penetrante pelo tegumento do inseto, atingindo assim o sistema nervoso (Correa; Salgado, 2011). Alguns estudos apontam que o efeito dos OE's pode acarretar a inibição da acetilcolinesterase (AChE), fazendo com que a degra-

dação da acetilcolina (ACh) seja interrompida, acarretando assim estímulos que levam o inseto a morte (Qiao et al., 2014).

Conclusões

Por meio da caracterização do óleo essencial, foi possível identificar os compostos presentes, reforçando assim que estudos futuros são necessários devido aos seus metabólitos secundários presentes e identificados para a família botânica utilizada, com ação inseticida já relatado em literatura. Ainda que os estudos tenham sido realizados sob condições de laboratório, a espécie utilizada apresenta um potencial inseticida sobre os alvos pragas estudados, visto que em ambas as espécies a mortalidade na concentração maior alcançou 90% de mortalidade. Ainda assim, estudos em condições além do laboratório necessitam ser conduzidos para futuras recomendações de um bioproduto.

Referências

- ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectrometry**. 4th ed. Carol Stream: Allured Publishing Corporation, 2007. 456 p.
- CAMPOS, A. C. T. de; RADUNZ, L. L.; RADUNZ, A. L.; MOSSI, A. J.; DIONELLO, R. G.; ECKER, S. L. Atividade repelente e inseticida do óleo essencial de carqueja doce sobre o caruncho do feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 861-865, 2014. DOI:10.1590/1807-1929/agriambi.v18n08p861-865.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, v.11 - safra 2023/24, n. 8 - oitavo levantamento, maio 2024. Brasília, DF: Conab, 2024. 117 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 20 jun. 2024.
- CORREA, J. C. R.; SALGADO, H. R. N. Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. 4, p. 500-506, 2011.
- FIGUEIREDO, M. de L. C.; MARTINS-DIAS, A. M. P.; CRUZ, I. Associação entre inimigos naturais e *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 3, p. 340-350, 2006.
- HOFFMANN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; CORREA-FERREIRA, B. S.; OLIVEIRA, L. J.; SOSA-GOMEZ, D. R.; PANIZZI, A. R.; CORSO, I. C.; GAZZONI, D. L.; OLIVEIRA, E. B. de. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 70 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 30).
- ISMAN, M. B. Botanical insecticides in the twenty-first century - fulfilling their promise? **Annual Review of Entomology**, v. 65, n. 1, p. 233-249, 2020.
- MENDES, S. M.; BOREGAS, K. G. B.; LOPES, M. E.; WAQUIL, M. S.; WAQUIL, J. M. Respostas da lagarta-do-cartucho a milho geneticamente modificado expressando a toxina Cry 1A(b). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 3, p. 239-244, 2011.
- MOTA-SANCHEZ, D.; WISE, J. C. **The arthropod pesticide resistance database**. East Lansing: Michigan State University, 2023. Disponível em: <http://www.pesticideresistance.org>. Acesso em: 20 jun. 2024.
- PANIZZI, A. R. History and contemporary perspectives of the integrated pest management of soybean in Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 42, n. 2, p. 119-127, 2013.
- QIAO, J.; ZOU, X.; LAI, D.; YAN, Y.; WANG, Q.; LI, W.; DENG, S.; XU, H.; GU, H. Azadirachtin blocks the calcium channel and modulates the cholinergic miniature synaptic current in the central nervous system of *Drosophila*. **Pest Management Science**, v. 70, n. 7, p. 1041-1047, 2014. DOI: 10.1002/ps.3644.
- REGNAULT-ROGER, C. The potential of botanical essential oils for insect pest control. **Integrated Pest Management Reviews**, v. 2, p. 25-34, 1997.
- SILVA, P. H. da; TRIVELIN, P. C. O.; GUIRADO, N.; AMBROSANO, E. J.; MENDES, P. C. D.; ROSS, F.; ARÉVALO, R. A. Controle alternativo de *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Col.: Curculionidae) em grãos de milho. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 1, p. 902-905, 2007.
- SOSA-GÓMEZ, D. R. Intraspecific variation and population structure of the velvetbean caterpillar, *Anticarsia gemmatilis* Hübner, 1818 (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae). **Genetics and Molecular Biology**, v. 27, n. 3, p. 378-384, 2004.

Modificações químicas no perfil do solo por modelos de sistemas de produção de soja

Rafael Agostinelli Gouvea⁽¹⁾, Esmael Lopes dos Santos⁽²⁾, Alvadi Antonio Balbinot Junior⁽³⁾, Henrique Debiasi⁽³⁾, Victor Fernandes Beraldo⁽⁴⁾, Leonardo de Lima Silva⁽⁴⁾, Julio Cezar Franchini⁽³⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Unifil, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Professor, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel, PR.

⁽³⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽⁴⁾ Estagiário graduado em Agronomia, bolsista FAPED/Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

A acidez é uma característica importante em solos agrícolas brasileiros, causando diminuição na disponibilidade de cátions nutrientes (Ca, Mg e K) e aumento na solubilidade de cátions tóxicos (H e Al). A deficiência de Ca e a toxidez de Al são as principais limitações químicas para o crescimento das raízes, o que se reflete como estresse nutricional e hídrico nas plantas (Ritchey et al., 1980), o que é extremamente importante diante do atual cenário de mudanças climáticas e a intensificação da ocorrência de períodos prolongados de deficiência hídrica.

A calagem é a principal prática utilizada para correção da acidez do solo e fornecimento de Ca e Mg. No entanto, seu efeito é restrito ao local de aplicação (Gonzalez-Erico et al., 1979). A mobilidade de cátions no perfil de solo pode ocorrer nas formas inorgânicas, como sais de sulfato (Shainberg et al., 1989) e orgânicas (Franchini et al., 1999). Franchini et al. (2001a) demonstraram que o calcário associado com resíduos vegetais aumentou o pH, Ca e Mg e diminuiu o Al no perfil do solo. Em condições de campo, Oliveira e Pavan (1996) observaram que em plantio direto consolidado a presença de resíduos vegetais na superfície poderia estar associada à correção da acidez em subsuperfície, mesmo com a aplicação superficial de calcário. Franchini et al. (2001b) constataram que compostos orgânicos hidrossolúveis de baixo peso molecular, liberados de resíduos vegetais, se comportam como ânions orgânicos e formam pares iônicos ou complexos organometálicos com Ca, Mg e Al, aumentando sua mobilidade no perfil do solo.

A partir do início do século, forrageiras tropicais como a braquiária *ruziziensis* passaram a fazer parte de modelos de sistema de produção como espécies de plantas de cobertura com o objetivo de melhorar a qualidade do sistema de plantio direto devido a sua alta capacidade de produzir biomassa de parte aérea e raízes.

O objetivo do estudo foi avaliar o comportamento de alguns parâmetros químicos de solo após sete anos da implantação de modelos de sistemas de produção incluindo o milho segunda safra e a braquiária *ruziziensis*.

Material e métodos

O experimento foi realizado de março de 2016 a março de 2023, em Londrina, PR (23°11'37"S, 51°11'03"W e altitude de 630 m). O solo do local experimental foi descrito como um Latossolo Vermelho Distroférrico, segundo a classificação brasileira (Santos et al., 2018), com textura muito argilosa (710 g kg⁻¹ argila, 82 g kg⁻¹ silte e 208 g kg⁻¹ areia). As propriedades químicas do solo na camada de 0,0–0,2 m foram as seguintes: C (Walkley Black) 17,8 g dm⁻³, pH CaCl₂ 5,1, H+Al (SMP) 5,2 cmol_c dm⁻³, K⁺ (Mehlich-1) 0,85 cmol_c dm⁻³, P (Mehlich-1) 36,9 mg dm⁻³, Ca²⁺ (KCl) 4,41 cmol_c dm⁻³, e Mg²⁺ (KCl) 1,52 cmol_c dm⁻³. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com cinco repetições. As parcelas (5,0 × 10,0 m) consistiam em três tratamentos de entressafra: (i) Milho com cobertura de fertilizante de nitrogênio (N) (80 kg N ha⁻¹); (ii) Milho sem cobertura de fertilizante de N e (iii) Braquiária *ruziziensis* sem fertilizantes. Os tratamentos foram conduzidos nas mesmas parcelas por sete estações para verificar os efeitos cumulativos. Em março de 2019 foi realizada a aplicação de 3 toneladas/ha de calcário dolomítico em todo o experimento para atingir uma saturação por bases de 65%. A semeadura de milho e braquiária *ruziziensis* ocorreu em meados de março em todas as safras. O milho (híbrido 'AG 9010 YG') foi semeado em fileiras espaçadas de 0,90 m, com 60.000 plantas ha⁻¹. A braquiária *ruziziensis* foi

semeada com um espaçamento entre fileiras de 0,17 m, com 50 sementes m². A fertilização de semeadura para milho consistiu em 24, 84 e 48 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. O tratamento com braquiária não recebeu fertilizante na semeadura ou cobertura. O milho com N recebeu 80 kg N ha⁻¹ na cobertura como ureia (45% N) no estágio V6 (seis folhas expandidas).

O milho foi colhido em agosto e em outubro a área foi dessecada com glifosato (1,08 kg i.a. ha⁻¹) para a semeadura da soja sob sistema de plantio direto. A quantidade de palha residual produzida pelas culturas de entressafra foi avaliada 20 dias antes da semeadura da soja. A palha presente em 1 m² por parcela foi coletada, seca à 65 °C até peso constante e pesada. Os resultados da produção de palha são expressos em kg ha⁻¹. Para estimativa de rendimentos de grãos, o milho na área útil das parcelas (8,1 m²) foi submetido à colheita mecanizada.

Foram utilizadas as cultivares de soja BRS 1010IPRO em 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019; cv. BRS 1003IPRO em 2019/2020, 2020/2021 e 2021/2022; e cv. BRS 1061IPRO em 2022/2023. Ambas as cultivares têm tipo de crescimento indeterminado e grupo de maturidade 6.1. A semeadura foi feita na primeira quinzena de outubro, o espaçamento foi de 0,45 m entre linhas e a densidade de 320.000 plantas ha⁻¹. Antes da semeadura, as sementes foram tratadas com piraclostrobina + tiofanato-metil + fipronil (1 mL kg⁻¹) e inoculante contendo cepas de *Bradyrhizobium elkanii* SEMIA 587 e SEMIA 5019 (2 mL kg⁻¹). A fertilização consistiu em 70 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 70 kg K₂O ha⁻¹.

As plantas na área útil de cada parcela (8,1 m²) foram submetidas à colheita mecanizada e pesadas para estimativa do rendimento da soja. Dados de cobertura do solo e produtividade das culturas foram relatados por Balbinot Junior et al. (2024). Em março de 2023, amostras de solo foram coletadas das camadas de 0,0-0,10 m, 0,10-0,20 m, 0,20-0,30 m, 0,30-0,40 m, 0,40-0,50 m, 0,50-0,60 m e 0,60-0,70 m para avaliar os atributos químicos do solo. As amostras de solo consistiram em cinco subamostras por parcela, o que resultou em uma amostra composta por parcela por camada de solo. Amostras de solo foram avaliadas quanto ao pH CaCl₂ 0,01 M, teores de potássio (K) (Mehlich-1), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al) no extrato de KCl 1M, H+Al por SMP e a capacidade de troca catiônica e a saturação por bases foram obtidos por cálculo segundo Teixeira et al. (2017). Os dados de solo de pH, Ca, Al e V% foram submetidos à análise de variância seguindo o modelo de blocos casualizados em cada camada e a diferença significativa entre médias foi determinada pelo teste Scott-Knott (p<0.05).

Resultados e discussão

Após sete anos de cultivo foram observadas diferenças nos parâmetros químicos avaliados no perfil do solo, em função dos modelos de sistemas de produção (Figura 1). A camada superficial e as camadas abaixo de 50 cm de profundidade foram menos alteradas, exceto para o pH. A braquiária *ruziziensis* proporcionou valores mais altos de pH, de teor de Ca e da saturação por bases (V%) e mais baixo de Al trocável do que o milho segunda safra, sem e com fertilização nitrogenada, respectivamente. Esses efeitos foram observados em todo o perfil do solo para o pH, até a camada de 45 para o teor de Ca e V% e até 35 cm para o Al trocável. Aparentemente o processo de acidificação do solo nos modelos de produção com milho segunda safra foi mais intenso do que na presença da braquiária *ruziziensis*. Além disso, no caso dos teores de Ca e Al trocáveis as diferenças foram suficientes para diferenciar o uso de fertilizante nitrogenado no milho.

A adubação nitrogenada é uma das principais fontes de acidificação do solo no sistema de plantio direto, devido a produção de protons durante o processo de nitrificação (Franchini et al., 2000). No presente estudo as perdas acumuladas de Ca durante os período experimental foram de 3,17 cmol_c dm⁻³ para o milho(-N), enquanto chegou a 6,05 cmol_c dm⁻³ no milho(+N). Ou seja, a adubação nitrogenada no milho(+N) praticamente dobrou as perdas de Ca em relação ao milho(-N). Isso ocorre porque o ânions nitrato (NO₃⁻) produzidos durante a nitrificação dos fertilizantes nitrogenados formam pares iônicos com cátions básicos, como o Ca²⁺, aumentando sua mobili-

dade no perfil do solo. Aparentemente, o Ca^{2+} foi mobilizado pelos ânions inorgânicos para além da profundidade monitorada pelo estudo, que foi até 70 cm. Concomitantemente, o próton H^+ ocuparia as cargas negativas liberadas pela lixiviação do Ca^{2+} , reduzindo o pH.

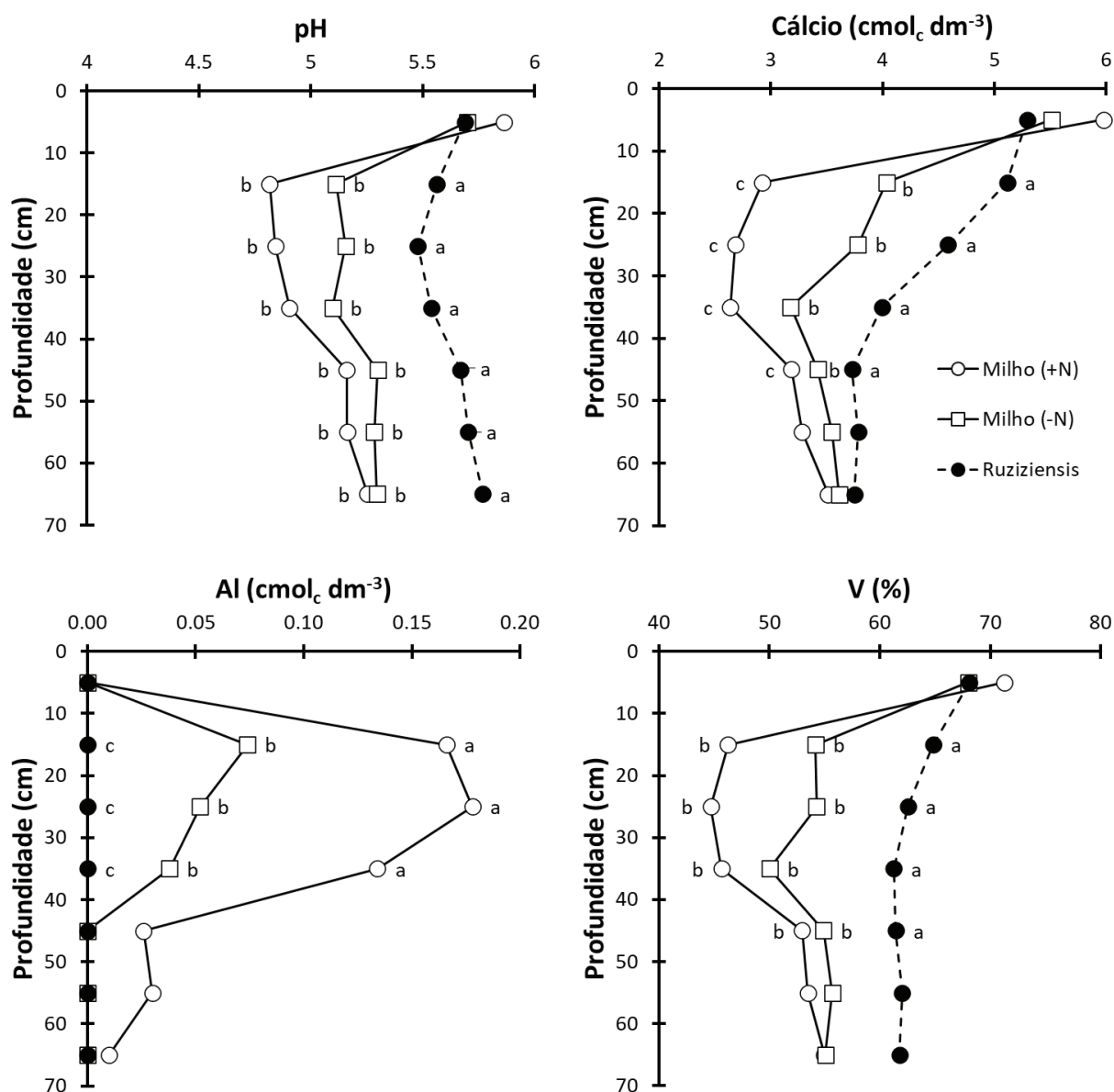


Figura 1. Valores de pH do solo em CaCl_2 , teor de Ca, teor de Al e saturação por bases até 70 cm de profundidade como uma função das culturas de entressafra [Milho com fertilizante nitrogenado, milho sem fertilizante nitrogenado e braquiária ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*) sem fertilizantes], sete anos após o início do experimento em Latossolo Vermelho sob plantio direto em Londrina, Paraná. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si em cada camada de solo pelo teste Scott-Knott ($p < 0.05$). Valores representam a média de cinco repetições de campo.

Por outro lado, a ausência de fertilização nitrogenada na braquiária fez com que houvesse uma mobilização mais homogênea da frente alcalina proporcionada pela aplicação de calcário em 2019. A produção de biomassa de parte aérea da braquiária durante este estudo chegou a valores próximos a 9 toneladas em alguns casos (Balbinot Junior et al., 2024). Provavelmente, compostos orgânicos hidrossolúveis presentes nessa espécie apresentam maior capacidade em neutralizar H^+ , semelhante ao que foi observado por Franchini et al. (1999). Esse comportamento poderia explicar o aumento de pH, e a melhor distribuição de Ca e do V% em todo o perfil de solo observado no modelo de sistema de produção com braquiária, quando comparado com o milho.

Conclusões

Os modelos de sistemas de produção avaliados influenciaram no comportamento de parâmetros químicos do solo relacionados à acidez. O uso de nitrogênio no milho acentuou o processo de acidificação do solo. A braquiária *ruziziensis* proporcionou maiores valores de pH, de Ca e V% em todo o perfil do solo indicando que seu uso associado a aplicação de calcário, auxilia na mobilização da frente alcalina.

Referências

- BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; OLIVEIRA, M. A. de; COELHO, A. E.; MORAES, M. T. de. Soybean yield, seed protein and oil concentration, and soil fertility affected by off-season crops. **European Journal of Agronomy**, v. 153, 127039, 2024. 11 p.
- FRANCHINI, J. C.; BORKERT, C. M.; FERREIRA, M. M.; GAUDÊNCIO, C. A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, p. 459-467, 2000.
- FRANCHINI, J. C.; GONZALEZ-VILA, F. J.; CABRERA, F.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Rapid transformations of plant water-soluble organic compounds in relation to cation mobilization in an acid Oxisol. **Plant and Soil**, v. 23, p. 55-63, 2001b.
- FRANCHINI, J. C.; MEDA, A. R.; CASSIOLATO, M. E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Potencial de extratos de resíduos vegetais na mobilização do calcário no solo por método biológico. **Scientia Agricola**, v. 58, p. 357-360, 2001a.
- FRANCHINI, J. C.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 2267-2276, 1999.
- GONZALEZ-ERICO, E.; KAMPRATH, E. J.; NADERMAN, G. C.; SOARES, W. V. Effect of depth of lime incorporation on the growth of corn on an oxisol of central Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 43, p. 1155-1158, 1979.
- OLIVEIRA, E. L. de; PAVAN, M. A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil and Tillage Research**, v. 38, p. 47-57, 1996.
- RITCHEY, K. D.; SOUZA, K. M. G.; LOBATO, E.; CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian Savannah Oxisol. **Agronomy Journal**, v. 72, p. 40-44, 1980.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, 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. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. E-book.
- SHAINBERG, I.; SUMNER, M. E.; MILLER, W. P.; FARINA, M. P. W.; PAVAN, M. A.; FEY, M. V. Use of gypsum on soils: a review. **Advances in Soil Science**, v. 9, p. 1-10, 1989.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p.

Cultivo de trigo associado a culturas graníferas na janela outonal como opção para diversificação da sucessão milho 2ª safra/soja na região Norte do Paraná

Leonardo Augusto Rossato⁽¹⁾, Esmael Lopes dos Santos⁽²⁾, Alvadi Antonio Balbinot Junior⁽³⁾, Julio Cezar Franchini⁽³⁾, Henrique Debiasi⁽³⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Centro Universitário Filadélfia, bolsista do PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Professor, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel, PR. ⁽³⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

O modelo de produção de grãos predominante na região norte do Paraná envolve a sucessão milho 2ª safra/soja. Conforme as estatísticas do Departamento de Economia Rural - DERAL (Paraná, 2024), 62% da área cultivada com soja no verão é ocupada por milho 2ª safra no outono-inverno nessa região. A utilização contínua da sucessão milho 2ª safra/soja proporciona 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 os custos de produção e as perdas de água e solo por erosão hídrica (Garbelini et al., 2020; Debiasi et al., 2021).

O cultivo de trigo é umas das opções para diversificar a sucessão soja/milho 2ª safra, mantendo a produção de grãos no outono-inverno. Em comparação ao milho, o trigo proporciona maior porcentagem de cobertura do solo com palha, além de reduzir a duração da janela de pousio antes da semeadura da soja (Debiasi et al., 2022). Essas melhorias têm resultado em maiores produtividades da soja pós-trigo, comparativamente ao cultivo pós milho 2ª safra (Debiasi et al., 2023; Balbinot Junior et al., 2024). Os efeitos positivos da rotação do milho 2ª safra com o trigo podem ser potencializados caso a janela outonal, correspondente ao intervalo de tempo entre a colheita da soja e a semeadura do trigo, seja cultivada com espécies vegetais de ciclo curto, que proporcionem maior adição de palha e raízes e maior diversidade biológica. Dependendo da região, do ano, da data de semeadura e da cultivar de soja, a duração da janela outonal pode chegar a 90 dias, tornando possível inclusive a produção de grãos de culturas de interesse comercial e ciclo compatível nesse período.

O presente trabalho parte da hipótese de que a diversificação de espécies vegetais no modelo milho 2ª safra/soja, por meio do cultivo de trigo associado a espécies de ciclo curto para produção de grãos na janela outonal, aumenta a produtividade das culturas e o lucro operacional do sistema de produção. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o impacto de diferentes modelos de produção na produtividade de grãos das culturas envolvidas e no lucro operacional do sistema de produção, na região Norte do Paraná.

Material e métodos

O experimento foi conduzido nas safras de 2020/2021, 2021/2022, 2022/2023 e 2023/2024, na Embrapa Soja, em Londrina, PR (23° 12' 01" S, 51° 10' 40" O e altitude de 572 m). O clima é subtropical úmido (Cfa), conforme a classificação de Köppen. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (Santos et al., 2018), de textura muito argilosa (780 g kg⁻¹ de argila, 147 g kg⁻¹ silte e 73 g kg⁻¹ de areia na camada de 0-0,2 m). A caracterização inicial do solo apontou os seguintes atributos químicos médios na camada de 0-0,2 m: pH CaCl₂ = 5,6; carbono orgânico total (Walkley-Black) = 17,8 g kg⁻¹; P (Mehlich-1) = 13 mg dm⁻³; K⁺ (Mehlich-1) = 0,71 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ (KCl) = 3,8 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ (KCl) = 2,1 cmol_c dm⁻³; CTC a pH 7,0 = 10,0 cmol_c dm⁻³; e saturação por bases (V%) = 66.

O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, com quatro repetições e parcelas de 40 m² de área total (5 x 8 m). Os tratamentos envolveram seis modelos de produção (MP) estabelecidos a partir do outono-inverno de 2020: MP1 = sucessão milho 2ª safra/soja; MP2

= sucessão trigo/soja; MP3 = cevada forrageira – trigo/soja; MP4 = canola (2020/2021) ou feijão-caupi (demais safras) – trigo/soja; MP5 = milheto granífero –trigo/soja; e MP6 = trigo-mourisco – trigo/soja. As culturas da cevada forrageira (MP3), canola ou feijão-caupi (MP4), milheto granífero (MP5) e trigo-mourisco (MP6) foram semeadas para produção de grãos na janela entre a colheita da soja e a semeadura do trigo, correspondente ao período de meados de fevereiro até meados de maio.

As culturas de janela foram semeadas em 21/02/2020, 17/02/2021, 25/02/2022 e 22/03/2023, por meio de semeadora tratorizada, sem adubação de base. Os cultivares/híbridos utilizados foram IPR 91 (trigo-mourisco), BRS CVA 118 (cevada forrageira), Diamond (híbrido de canola), BRS Novaera (feijão-caupi) e ADG 9060 (híbrido de milheto granífero). O espaçamento entrelinhas foi de 0,17 m para a cevada forrageira e o trigo-mourisco, 0,34 m para a canola, e 0,45 m para o milheto e o feijão-caupi. A densidade de semeadura foi ajustada para uma população de plantas por m² de 350, 300, 45, 30 e 25 para a cevada forrageira, o trigo-mourisco, a canola, o milheto granífero e o feijão-caupi, respectivamente. A adubação de nitrogenada de cobertura foi realizada nas culturas da canola, cevada e milheto, a lanço e em área total aos 20 dias após a semeadura, com uma dose de 45 kg ha⁻¹ N na forma de ureia. Os demais tratos culturais seguiram as indicações técnicas para as culturas na região.

O milho 2ª safra foi semeado em 24/02/2020, 19/02/2021, 29/03/2022 e 22/03/2023, utilizando-se os híbridos AG 9010 PRO, AG 9030 PRO3, BM 950 PRO3 e FS700, respectivamente. A semeadura foi realizada por meio de semeadora-adubadora tratorizada, com espaçamento entrelinhas de 0,50 m, regulada para o estabelecimento de 60 mil plantas ha⁻¹. A adubação de base constou da aplicação, no sulco de semeadura, de 300 kg ha⁻¹ de NPK 10-20-20. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada nos estádios V4-V5, na dose de 63 kg ha⁻¹ de N (ureia). Já o trigo foi semeado nos dias 22/05/2020, 21/05/2021, 24/05/2022 e 07/06/2023, com semeadora-adubadora tratorizada equipada com linhas espaçadas 0,17 m entre si, regulada para atingir uma população de 300 plantas m⁻². Foram utilizadas os cultivares BRS Gralha Azul (2020), BRS Atobá (2021 e 2022) e BRS Sabiá (2023). Como adubação de base, aplicou-se 250 kg ha⁻¹ do formulado NPK 10-20-20 no sulco de semeadora. A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada no início do perfilhamento, na dose de 50 kg ha⁻¹ de N (ureia). Os demais tratos culturais e tratamentos fitossanitários foram realizados conforme indicações técnicas para as culturas do milho e trigo na região.

A semeadura da soja foi realizada em 02/10/2020, 13/10/2021, 19/10/2022 e 23/10/2023, por meio de semeadora-adubadora tratorizada com linhas espaçadas de 0,45 m entre si, regulada para a obtenção de uma população de 270 mil plantas ha⁻¹. Os cultivares utilizados foram a BRS 1061 IPRO (2020/2021 e 2023/2024), BRS 1003 IPRO (2021/2022) e BRS 1057 IPRO (2022/2023). A adubação de base consistiu de 250 kg ha⁻¹ de NPK 00-20-20 aplicado no sulco de semeadura. As sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii*, estirpes SEMIA 587 e SEMIA 5019. Os tratos culturais e tratamentos fitossanitários foram realizados conforme indicações técnicas para a cultura na região.

Para todas as culturas, a produtividade de grãos foi determinada pela colheita mecânica (colhedora de parcelas) da área útil da parcela, equivalente a 8,1 m² (1,35 x 6 m) para o milheto, o feijão caupi e a soja; 5,4 m², para o milho 2ª safra; 7,2 m² (1,2 x 6 m) para o trigo, trigo-mourisco e cevada-forrageira. Após a pesagem, os valores de produtividade foram corrigidos para 13% de umidade e extrapolados para kg ha⁻¹. Os dados de produtividade da soja e do trigo foram submetidos à análise de variância e teste F (p≤0,05). Quando constatado efeito significativo dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott (p≤0,05). Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do programa Sisvar (Ferreira, 2008).

A análise econômica foi realizada mediante o cálculo do lucro operacional, estimado pela renda bruta (RB) subtraída dos custos operacionais (CO), variáveis e fixos. A RB por cultura foi obtida multiplicando-se a produtividade de grãos na safra avaliada pela média dos preços calculada do mês da colheita até o final do respectivo ano. Os preços médios mensais foram obtidos

junto à Conab (2024a). No cálculo da RB da soja e do trigo, utilizou-se como critério diferenciar as produtividades entre os tratamentos somente em caso de diferenças estatisticamente significativas. Para tratamentos sem diferenças significativas entre si, a produtividade considerada foi a média dos mesmos. Visando o cálculo dos custos de produção, todas as informações referentes às operações realizadas e aos insumos agrícolas utilizados foram registradas e organizadas. Para as operações mecanizadas, a estimativa dos custos foi realizada conforme os coeficientes técnicos disponibilizados pela Fundação ABC (Povh; Flugel, 2023). Além das operações e insumos, foram estimados os custos com transporte externo, assistência técnica, seguro agrícola (Proagro), encargos e impostos. O transporte externo e o Funrural (imposto) foram calculados de forma proporcional à RB, enquanto que o valor do seguro agrícola foi estimado com base nos custos de produção. O preço dos insumos (exceto diesel) no Paraná foi obtido junto ao banco de dados disponibilizados pela Conab (2024b), sendo considerados os valores indicados para o mês em que o insumo foi utilizado. Já o preço do diesel foi levantado junto às séries históricas disponibilizadas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2024), sendo computados os valores referentes ao mês de realização da operação mecanizada. Os preços dos insumos e dos grãos produzidos foram corrigidos para abril/2024 com base e no Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IPCA-IBGE).

Resultados e discussão

A produtividade do milho 2ª safra no MP1 variou amplamente entre as safras (Tabela 1), em resposta principalmente a variações na disponibilidade hídrica no solo em função da distribuição de chuvas e da época de semeadura da cultura. Isso reflete o elevado risco associado ao cultivo do milho na 2ª safra nas regiões Norte e Noroeste do Paraná, conforme destacado em Garbelini et al. (2020). Ressalta-se que a média de produtividade no experimento (5.529 kg ha^{-1}) foi superior à média da região de Londrina (4.509 kg ha^{-1}) (Paraná, 2024) nas quatro safras avaliadas, evidenciando a ocorrência de estresses ambientais para o milho em escala regional.

Tabela 1. Produtividade média de grãos e respectivo desvio padrão para o milho 2ª safra (MP1) e as culturas implantadas na janela outonal, entre a colheita da soja e a semeadura do trigo (MPs 3 a 6).

Cultura (Modelos de produção) ⁽¹⁾	Produtividade de grãos ⁽²⁾			
	2020/2021	2021/2022	2022/2023	2023/2024
----- kg ha ⁻¹ -----				
Milho 2ª safra (MP1)	4.904 ± 193	4.068 ± 199	3.897 ± 342	9.248 ± 973
Cevada Forrageira (MP3)	1.736 ± 216	649 ± 227	705 ± 227	2.303 ± 469
Canola ou feijão-caupi ⁽²⁾ (MP4)	Não colhido ⁽³⁾	805 ± 107	1.440 ± 93	Não colhido ⁽³⁾
Milheto granífero (MP5)	2.350 ± 340	1.432 ± 137	Não colhido ⁽³⁾	Não colhido ⁽³⁾
Trigo-mourisco (MP6)	1.160 ± 157	1.071 ± 157	1.721 ± 300	2.248 ± 176

⁽¹⁾ Sucessão milho 2ª safra/soja (MP1); sucessão trigo/soja, com pousio na janela outonal (MP2); sucessão trigo/soja, com cultivo na janela outonal de cevada forrageira (MP3), canola (2020) ou feijão-caupi (2021 a 2023) (MP4), milheto granífero (MP5) e trigo mourisco (MP6). ⁽²⁾ Canola semeada na safra 2020/2021 e substituída por feijão-caupi nas demais safras. ⁽³⁾ Colheita não realizada pois a cultura outonal não completou o ciclo a tempo de viabilizar o cultivo de trigo em sequência. Médias seguidas por letras iguais não diferem pelo teste Scott-Knott a 5%.

Das culturas graníferas avaliadas para cultivo na janela entre a colheita da soja e a semeadura do trigo, somente a cevada forrageira e o trigo-mourisco produziram nas quatro safras avaliadas (Tabela 1). A produtividade média do trigo-mourisco nas quatro safras foi de 1.550 kg ha^{-1} , similar aos valores de referência para o Paraná, indicados por Fabian et al. (2021). Por outro lado, a produtividade média da cevada (1.348 kg ha^{-1}) foi bastante inferior ao potencial da cultivar para semeadura no outono ($2.000\text{-}3.500 \text{ kg ha}^{-1}$) (A inovação..., 2023), evidenciando que o ambiente do norte do Paraná não foi adequado a esta espécie, provavelmente em função

das altas temperaturas observadas nesta região no período de fevereiro a abril. O milheto granífero completou o ciclo com produção de grãos apenas nas duas primeiras safras, com produtividade média inferior ao potencial (2.400-3.000 kg ha⁻¹) declarado pelo obtentor (Atto, 2021). A grande limitação para o cultivo do milheto granífero no intervalo entre a colheita da soja e a semeadura do trigo no norte do Paraná é o ciclo relativamente longo (cerca de 90 a 110 dias, dependendo da temperatura) em comparação com a duração do período de cultivo disponível na janela. A canola, mesmo com a utilização de um híbrido precoce e em condições de maior temperatura, não apresentou ciclo compatível com a duração da janela visando a produção de grãos, sendo substituída pelo feijão-caupi no tratamento MP4 já a partir da safra 2021/2022. O feijão-caupi apresentou desempenho promissor na janela soja-trigo, com produtividade média (1.122 kg ha⁻¹) similar aos valores observados para a cultivar utilizada em regiões tradicionais de cultivo (1.081 kg ha⁻¹) (Freire Filho et al., 2008). Das três safras avaliadas, o feijão-caupi não completou o ciclo até a colheita em uma (2023/2024), quando foi semeado durante o mês de março, condição em que apresentou alongamento do ciclo, provavelmente em função das menores temperaturas.

Das quatro safras avaliadas, a produtividade do trigo foi significativamente influenciada pelos tratamentos em três (2021/2022, 2022/2023 e 2023/2024) (Tabela 2). Nas safras 2021/2022 e 2023/2024, a menor produtividade foi observada para o trigo cultivado após a cevada forrageira (MP3), com perdas médias em torno de 30% em relação às médias dos demais tratamentos, que não diferiram significativamente entre si. A grande redução de produtividade do trigo quando cultivado em sequência à cevada pode ser atribuída principalmente a maior ocorrência de doenças e à competição exercida por plantas de cevada estabelecidas a partir de grãos perdidos na colheita. Na safra 2022/2023, mais uma vez a menor produtividade ocorreu no MP3 (trigo após cevada forrageira), que apresentou redução de 20% em relação aos tratamentos com maior produtividade (MP2, MP4 e MP5). No tratamento MP6, que envolve o cultivo do trigo após trigo-mourisco, a produtividade do trigo atingiu valores intermediários, cerca de 15% inferior aos melhores tratamentos. No conjunto das quatro safras, as melhores produtividades do trigo ocorreram nos modelos de produção caracterizados pelo pousio (MP2), pelo cultivo de milheto (MP5) e de canola ou feijão-caupi (MP4) na janela outonal, evidenciando que a utilização de culturas graníferas no intervalo entre a colheita da soja e a semeadura do trigo não melhorou o desempenho produtivo do cereal de inverno, podendo inclusive piorar, como observado principalmente no MP3.

Tabela 2. Produtividade de grãos de trigo nas safras 2020/2021, 2021/2022, 2022/2023 e 2023/2024, nos modelos de produção que envolvem o cultivo do cereal.

Modelos de produção ⁽¹⁾	Produtividade de grãos de trigo			
	2020/2021	2021/2022	2022/2023	2023/2024
	----- kg ha ⁻¹ -----			
MP2	2.695 n.s	3.627 a	4.484 a	2.429 a
MP3	2.644	2.618 b	3.093 c	1.555 b
MP4	2.868	3.910 a	4.427 a	2.491 a
MP5	2.640	3.597 a	4.207 a	2.158 a
MP6	2.844	3.792 a	3.727 b	2.310 a
Média	2.738	3.509	3.988	2.189
CV (%)	9,3	7,7	6,4	7,5

⁽¹⁾ Sucessão milho 2ª safra/soja (MP1); sucessão trigo/soja, com pousio na janela outonal (MP2); sucessão trigo/soja, com cultivo na janela outonal de cevada forrageira (MP3), canola (2020) ou feijão-caupi (2021 a 2023) (MP4), milheto granífero (MP5) ou trigo mourisco (MP6). Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem pelo teste Scott-Knott a 5%; n.s = diferenças não significativas (teste F, a 5%).

A produtividade da soja não influenciada pelos tratamentos apenas na safra 2023/2024 (Tabela 3). Na safra 2020/2021, a produtividade da soja foi cerca de 20% superior na sucessão com o milho 2ª safra/(MP1) em relação aos demais tratamentos, que não diferiram entre si. Em contrapartida, a produtividade da soja no MP1 foi inferior aos tratamentos MP2, MP5 e MP6 nas safras 2021/2022 (-8,5%) e 2022/2023 (-9%), bem como ao tratamento MP3 em 2021/2022. Pesquisas tem demonstrado melhor desempenho produtivo da soja em sucessão ao trigo comparativamente ao milho 2ª safra, o que é explicado sobretudo pela maior e cobertura do solo por palha (Debiasi et al., 2023; Balbinot Junior et al., 2024). Um aspecto importante é que, em muitas situações, o crescimento inicial da soja é mais lento após trigo, o que em geral não prejudica a produtividade, pois na fase reprodutiva o índice de área foliar (IAF) iguala os valores observados em outros tratamentos (Yokoyama et al., 2018). Entretanto, na safra 2020/2021, a ocorrência de um longo período de deficiência hídrica nos estágios iniciais da cultura, associado à semeadura no início do período recomendado de uma cultivar de ciclo precoce, pode ter impedido a recuperação do IAF e da biomassa da soja cultivada após trigo em relação às parcelas pós milho 2ª safra, o que foi demonstrado pelos valores de NDVI obtidos por imagens aéreas (dados não apresentados). Ainda com relação às safras 2021/2022 e 2022/2023, a produtividade da soja no tratamento MP4 (cultivo de feijão-caupi na janela outonal) foi similar à observada no MP1 e estatisticamente inferior aos tratamentos MP2, MP5 e MP6. As causas desse efeito negativo do feijão-caupi na produtividade da soja precisam ainda ser investigadas. O aumento da população de nematoides-de-galhas (*Meloidogyne* spp.) é uma das possibilidades, uma vez que sintomas desse nematoide foram observados em plantas de feijão-caupi e de soja somente nas parcelas do tratamento MP4. A exemplo do observado para o trigo, o preenchimento da janela outonal com culturas graníferas não melhorou o desempenho produtivo da soja em relação ao MP2 (pousio), resultando inclusive em perdas de produtividade dependendo da safra e da espécie vegetal utilizada.

Tabela 3. Produtividade de grãos de soja nas safras 2020/2021, 2021/2022, 2022/2023 e 2023/2024, em função dos seis modelos de produção (MP) avaliados.

Modelos de produção ⁽¹⁾	Produtividade de grãos de soja			
	2020/2021	2021/2022	2022/2023	2023/2024
	----- kg ha ⁻¹ -----			
MP1	2.714 a	3.549 b	3.774 b	2.159 ^{n.s}
MP2	2.329 b	3.902 a	4.201 a	2.060
MP3	2.256 b	3.858 a	3.543 b	2.185
MP4	2.175 b	3.486 b	3.474 b	2.250
MP5	2.228 b	3.814 a	4.255 a	2.299
MP6	2.298 b	3.919 a	3.974 a	2.300
Média	2.333	3.755	3.870	2.209
CV (%)	10,0	5,6	7,5	9,7

⁽¹⁾ Sucessão milho 2ª safra/soja (MP1); sucessão trigo/soja, com pousio na janela outonal (MP2); sucessão trigo/soja, com cultivo na janela outonal de cevada forrageira (MP3), canola (2020) ou feijão-caupi (2021 a 2023) (MP4), milheto granífero (MP5) ou trigo mourisco (MP6). Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem pelo teste Scott-Knott a 5%; n.s = diferenças não significativas (teste F a 5%).

Com exceção do MP4, todos os modelos de produção envolvendo o cultivo do trigo aumentaram o lucro operacional acumulado da cultura da soja em relação à sucessão com milho 2ª safra (MP1), o que está associado principalmente a maior produtividade da oleaginosa nas safras 2021/2022 e 2022/2023 (Tabela 4). No período de outono-inverno, o tratamento MP4 resultou no maior lucro operacional acumulado, equivalente a R\$ 5.253,81 no somatório dos resultados do trigo, canola e feijão-caupi. Todos os demais modelos de produção envolvendo trigo apresentaram menor lucro operacional no outono-inverno em relação ao milho 2ª safra, com o tratamento MP3 (cevada forrageira na janela outonal) sendo o único que proporcionou prejuízo, equivalente

a -R\$ 4.895,69 no acumulado das 4 safras. O feijão-caupi e o trigo-mourisco foram as culturas implantadas na janela outonal que resultaram em lucro, equivalente a um valor médio por safra cultivada de R\$ 624,27 e R\$ 591,00, respectivamente.

Tabela 4. Lucro operacional em escala de cultura e sistema, nas safras 2020/2021, 2021/2022, 2022/2023 e 2023/2024, em função dos modelos de produção avaliados.

Modelos de produção ⁽¹⁾	Culturas	Lucro operacional				
		2020/2021	2021/2022	2022/2023	2023/2024	Acumulado
----- R\$ ha ⁻¹ -----						
MP1	Milho 2ª safra	1.005,70	2.675,22	-738,53	1.860,78	4.803,17
	Soja	2.380,12	6.555,16	2.372,04	-862,03	10.445,29
	Sistema	3.385,82	9.230,37	1.633,51	998,75	15.248,45
MP2	Trigo	795,52	2.795,53	2.259,42	-2.849,14	3.001,33
	Soja	1.406,97	7.667,24	3.577,26	-862,03	11.789,44
	Sistema	2.202,49	10.462,77	5.836,68	-3.711,17	14.790,77
MP3	Cevada forrageira	31,63	-997,89	-1.855,37	-858,97	-3.680,60
	Trigo	796,24	1.015,54	560,49	-3.587,36	-1.215,09
	Soja	1.408,70	7.679,74	2.387,97	-844,97	10.631,44
	Sistema	2.236,57	7.697,39	1.093,09	-5.291,30	5.735,75
MP4	Canola ou feijão-caupi ⁽²⁾	-422,10	1.998,77	1.559,55	-1.263,42	1.872,80
	Trigo	806,37	2.732,64	2.664,09	-2.832,09	3.371,01
	Soja	1.408,70	6.474,98	2.387,97	-844,97	9.426,68
	Sistema	1.792,97	11.206,39	6.611,61	-4.940,48	14.670,49
MP5	Milheto granífero	1.272,99	157,53	-2.200,22	-1.888,85	-2.658,55
	Trigo	806,37	2.732,65	2.636,35	-2.832,09	3.343,28
	Soja	1.408,70	7.688,09	3.593,19	-844,96	11.845,02
	Sistema	3.488,06	10.578,27	4.029,32	-5.565,90	12.529,75
MP6	Trigo-mourisco	500,89	316,10	228,17	1.318,86	2.364,02
	Trigo	806,37	2.732,65	1.599,47	-2.832,09	2.306,40
	Soja	1.408,70	7.679,74	3.593,19	-844,97	11.836,66
	Sistema	2.715,96	10.728,49	5.420,83	-2.358,20	16.507,08

⁽¹⁾ Sucessão milho 2ª safra/soja (MP1); sucessão trigo/soja, com pousio na janela outonal (MP2); sucessão trigo/soja, com cultivo na janela outonal de cevada forrageira (MP3), canola (2020) ou feijão-caupi (2021 a 2023) (MP4), milheto granífero (MP5) ou trigo mourisco (MP6). ⁽²⁾ Canola semeada na safra 2020/2021 e substituída por feijão-caupi nas demais safras.

Considerando o sistema de produção, somente o tratamento MP6, envolvendo o cultivo do trigo-mourisco na janela outonal, aumentou o lucro operacional em relação à sucessão milho 2ª safra/soja (+8,3%) e trigo/soja com pousio na janela outonal (+11,6%) (Tabela 4). O melhor desempenho financeiro do MP6 deveu-se ao aumento de produtividade da soja em relação ao MP1 e ao lucro proporcionado pelo trigo-mourisco em todas as safras. Embora tenha proporcionado melhor retorno financeiro no outono-inverno, o tratamento MP4 reduziu a produtividade da soja, de forma que o lucro acumulado do sistema foi levemente inferior (-3,8%) à sucessão milho 2ª safra/soja, e similar ao tratamento MP2 (pousio na janela outonal). Por sua vez, o pior desempenho econômico ocorreu no tratamento MP3, envolvendo o cultivo da cevada forrageira na janela outonal, em função do resultado negativo direto de seu cultivo (-R\$ 3.680,86), bem como da significativa redução de produtividade ocasionada ao trigo implantado na sequência (Tabela 2). Esse tratamento resultou em uma redução do lucro operacional do sistema em relação aos MP1 e MP2 ao redor de 60%.

Conclusões

O uso da janela outonal com culturas para produção de grãos não proporciona incrementos na produtividade do trigo e da soja em relação à manutenção da área em pousio no referido período;

O trigo, com pousio outonal ou associado ao cultivo de milheto ou trigo-mourisco na janela após a colheita da soja, aumenta a produtividade da soja em relação ao milho 2ª safra;

Modelos de produção envolvendo o cultivo da cevada forrageira e do milheto granífero na janela entre a colheita da soja e semeadura do trigo, com objetivo de produção de grãos, não são opções economicamente viáveis para rotação com o milho 2ª safra;

O cultivo do feijão-caupi na janela outonal precisa ser melhor estudado, buscando adequações que minimizem ou eliminem o impacto negativo sobre a produtividade da soja;

A inserção do trigo-mourisco para produção de grãos na janela outonal, associado ao cultivo do trigo na sequência, constitui-se em opção viável técnica e economicamente para rotação com o milho 2ª safra em modelos de produção diversificados.

Referências

A INOVAÇÃO que faltava: BRS Entressafras: BRS CVA 118: cevada forrageira ultraprecoce. [Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2023]. 1 folder.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Série histórica do levantamento de preços**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/precos-e-defesa-da-concorrenca/precos/precos-revenda-e-de-distribuicao-combustiveis/serie-historica-do-levantamento-de-precos>. Acesso em: 20 maio 2024.

ATTO. **Manual técnico 2021**: híbridos de milheto granífero. 2021. Disponível em: <https://attosementes.com.br/wp-content/uploads/2020/12/manual-hibridos-de-milheto.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2024.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; OLIVEIRA, M. A. de; COELHO, A. E.; MORAES, M. T. de. Soybean yield, seed protein and oil concentration, and soil fertility affected by off-season crops. **European Journal of Agronomy**, v. 153, 127039, 2024.

CONAB. **Insumos agropecuários**. 2024b. Disponível em: <https://consultaweb.conab.gov.br/consultas/consultalInsumo.do?method=acaoCarregarConsulta/>. Acesso em: 17 maio 2024.

CONAB. **Preços agrícolas, da sociobio e pesca**. 2024a. Disponível em: <https://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/>. Acesso em: 14 maio 2024.

DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; TONINI, V.; ROY, J.M.; MUHL, A. **Modelos de produção intensificados para diversificação da matriz produtiva para além da sucessão milho 2ª safra/soja nas regiões Centro-oeste e Oeste do Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2023. 72 p. (Embrapa Soja. Documentos, 459).

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).

FABIAN, F. M.; HOJO, E. T. D.; TOMAZI, C. V.; HOJO, R. H. Época e densidade de plantio de trigo mourisco em Cascavel/PR. **Cultivando o Saber**, p. 37-45, 2021.

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

FREIRE FILHO, F. R.; CRAVO, M. da S.; VILARINHO, A. A.; CAVALCANTE, E. da S.; FERNANDES, J. B.; SAGRILO, E.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. de M.; SOUZA, F. de F.; LOPES, A. de M.; GONÇALVES, J. R. P.; CARVALHO, H. W. L. de; RAPOSO, J. A. A.; SAMPAIO, L. S. **BRS Novaera**: cultivar de feijão-caupi de porte semi-ereto. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 4 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado técnico, 215).

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.

PARANÁ. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Departamento de Economia Rural. **Estimativa de safra**. [2024]. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/system/files/publico/Safras/pss.xlsx>. Acesso em: 29 abr. 2024.

POVH, F. P.; FLUGEL, L. S. **Planilha de custos da mecanização agrícola**. Castro: Fundação ABC, 2023. Disponível em: <https://fundacaoabc.org/wp-content/uploads/2023/06/PLANILHA-DE-CUSTO-DE-MECANIZACAO-MAIO-2023-1.pdf>. Acesso em: 23 maio 2024.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, 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. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. E-book.

YOKOYAMA, A.; RIBEIRO, R. H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; ZUCARELLI, C. Índices de área foliar e SPAD da soja em função de culturas de entressafra e nitrogênio e sua relação com a produtividade. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, p. 953-962, 2018.

Interação nitrogênio e magnésio no estado nutricional do grão-de-bico

Marcos Vinicius Boiani⁽¹⁾, Stéfany Ramos Romagnolli Silvestrim⁽²⁾, Adônis Moreira⁽³⁾, Larissa Alexandra Cardoso Moraes⁽³⁾, Oscar Fontão de Lima Filho⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Doutorando, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR. ⁽³⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽⁴⁾ Pesquisador, Embrapa Hortaliças, Londrina, PR.

Introdução

A cultura do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) é considerada uma fonte de alimento com elevado valor nutricional, sendo seu cultivo indicado principalmente para regiões semiáridas, devido a sua relativamente baixa demanda hídrica (Nascimento et al., 2016). Apesar do potencial de expansão de cultivo de grão-de-bico no Brasil, o país ainda importa quase a totalidade do grão-de-bico, não apresentando uma tradição de cultivo comercial dessa leguminosa (Delfim et al., 2024).

O nitrogênio (N) é o nutriente requerido em maior quantidade pelas plantas por estar associado a diversos processos metabólicos vitais para seu desenvolvimento (Epstein; Bloom, 2006). O N possui ciclo metabólico semelhante ao do magnésio (Mg), de forma a apresentar uma relação sinérgica com esse elemento. O Mg, por sua vez, desempenha um papel crucial na fotossíntese devido à sua presença central na estrutura da clorofila, o pigmento responsável por captar a luz solar e iniciar a conversão de energia luminosa em energia química (Marschner, 2012).

Além disso, o N é um componente fundamental das proteínas nas plantas. A síntese de proteínas é um processo que requer a participação de enzimas específicas, muitas das quais dependem do magnésio para sua atividade. Portanto, o Mg desempenha um papel indireto, mas crucial, na formação e na função das proteínas, incluindo aquelas que transportam e armazenam N nas plantas (Marschner, 2012). Embora o Mg não esteja diretamente envolvido na absorção de N pelas plantas, ele desempenha um papel crucial na otimização das condições para a absorção eficiente de nutrientes, incluindo o N, através de seu impacto na fotossíntese, na síntese de proteínas e na regulação do ambiente das raízes. A deficiência de magnésio pode prejudicar a capacidade da planta de utilizar de forma eficaz o N disponível no solo (Epstein; Bloom, 2006).

Face ao exposto, diante da necessidade de esclarecimentos científicos em relação à interação do N e Mg para a cultura do grão-de-bico, o presente estudo tem como objetivo avaliar a influência de combinações de doses de N e de Mg sobre o estado nutricional das plantas.

Material e métodos

O experimento foi realizado em condições de casa de vegetação da Embrapa Soja, Londrina, em delineamento inteiramente casualizado e esquema fatorial 4x3, com quatro repetições. A cultivar utilizada foi a BRS Aleppo. Os tratamentos foram constituídos pelos seguintes fatores: a) quatro doses de N (fonte: ureia – 45% de N) – 0, 150, 300 e 600 mg kg⁻¹ e b) três doses de Mg (fonte: MgCl₂) com aplicação no plantio – 0, 100 e 200 mg kg⁻¹. Para a condução do experimento foi coletado a camada superficial (0 – 20 cm) de um Latossolo Vermelho Eutroférrico de textura argilosa da região de Londrina (Estado do Paraná).

O solo foi acondicionado em vasos de barro com capacidade de três litros, sendo utilizadas duas plantas por vaso. Na correção da acidez do solo, foi utilizado CaCO₃ para elevar a saturação por bases a 60%. Após 30 dias da incorporação da calagem, exceto o N e Mg, a adubação com os demais nutrientes foi realizada conforme recomendação indicada por Moreira et al. (2011) para experimentos conduzidos em condições de casa-de-vegetação. As doses de N foram aplicadas parceladas em duas vezes, sendo a primeira parcela no plantio e segunda em cobertura durante o desenvolvimento das plantas (30 dias), enquanto o Mg foi em dose única na semeadura. As variáveis analisadas foram os teores de Mg e N nas folhas e N nos grãos e realizadas conforme metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), teste F e se significativo para interação ou efeito isolado das doses de N, os dados foram ajustados por meio de regressões polinomiais ($p \leq 0,05$). As pressuposições de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias foram testadas pelos métodos de Shapiro e Wilk (1965). Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software SISVAR (Ferreira, 2019).

Resultados e discussão

Os resultados da ANOVA indicaram valores do teste F com efeito significativo para as doses de N sobre a concentração de N foliar (Figura 1), com incremento do teor foliar, principalmente nas doses de 300 a 450 mg kg⁻¹ de N. Entretanto, a partir da dose estimada de 385,5 mg kg⁻¹, houve decréscimo na concentração de N foliar, se acentuando ainda mais na dose de 600 mg kg⁻¹ de N. Os resultados apresentados corroboram os estudos realizados por Wang et al. (2018), indicando o limite de absorção e translocação de nutriente pelas plantas. Esses autores avaliaram os efeitos da aplicação de doses de N no crescimento e na nutrição desses vegetais e constataram que a aplicação de doses excessivas de N resultaram em aumento significativo no crescimento vegetativo das plantas, mas também acarretou diminuição nos teores de N foliar.

O teor foliar de Mg foi linear independentemente das doses de N aplicada (Figura 2) e corrobora Canizella et al. (2015), que trabalhando com quatro cultivares de feijoeiro também obtiveram resultados similares sobre o efeito das doses de Mg sobre o teor foliar do nutriente. Com relação ao teor de N nos grãos (Figura 3), as doses de N acarretaram efeito similar aos teores foliares de N, com efeito quadrático até a dose estimada de 440,0 mg kg⁻¹ e correlação significativa do N folha vs N grão (Figura 4). Os teores foliares de N e Mg não apresentaram correlação significativa ($p > 0,05$) mesmo com o sinergismo destes dois nutrientes nas plantas e a complementação fisiológica de ambos, como a participação da composição da molécula da clorofila (Marschner, 2012).

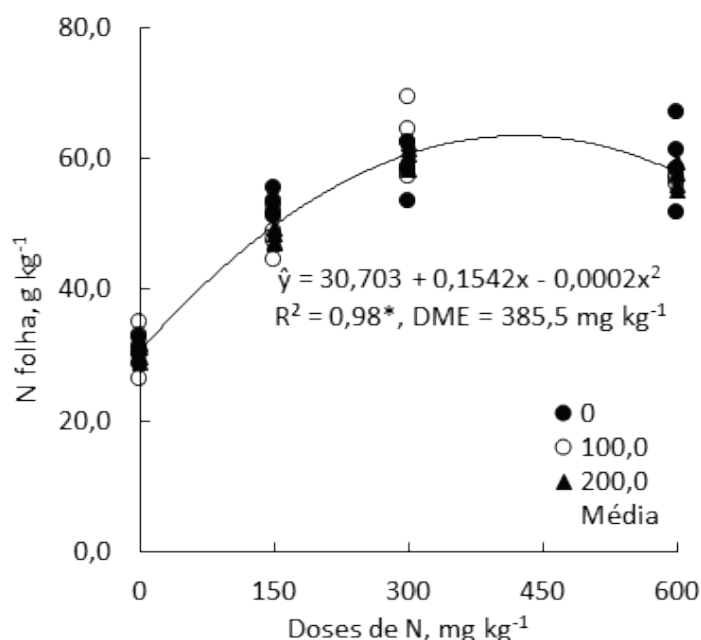


Figura 1. Efeito de diferentes doses de N (mg kg⁻¹) na concentração de N foliar (mg kg⁻¹). *significativo a 5% de probabilidade.

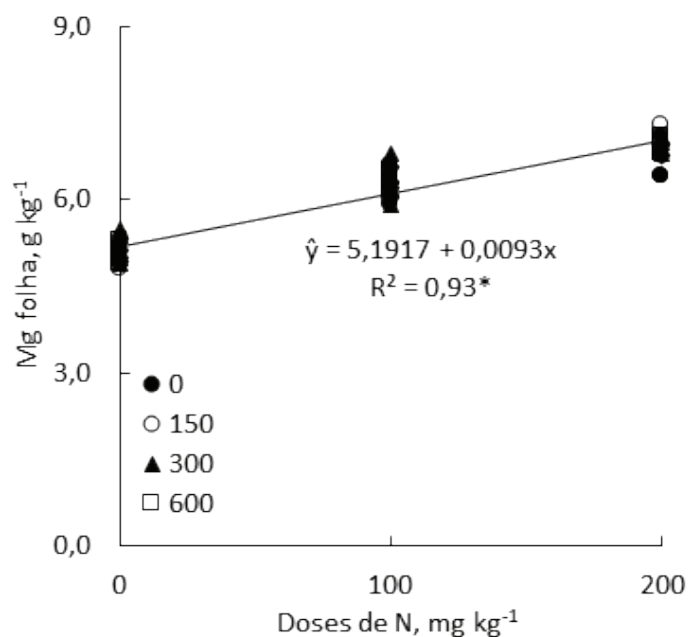


Figura 2. Efeito de doses de N (mg kg^{-1}) na concentração de Mg foliar (g kg^{-1}).
*significativo a 5% de probabilidade.

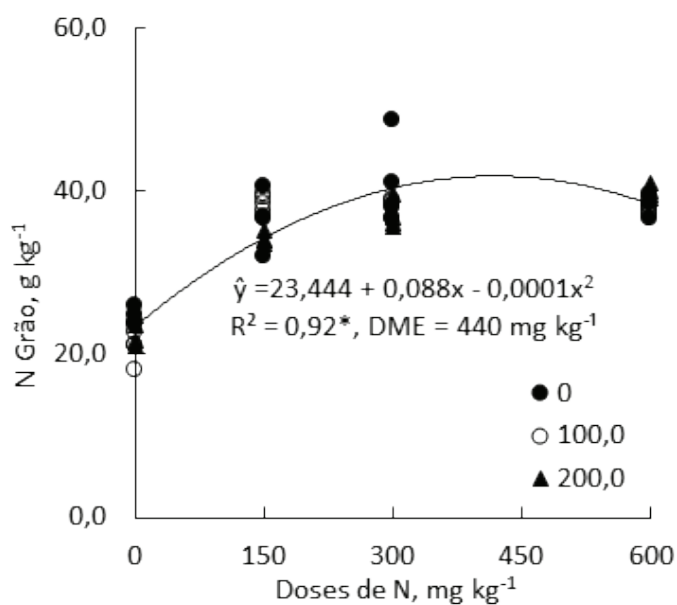


Figura 3. Efeito de doses de N (mg kg^{-1}) na concentração de N nos grãos (g kg^{-1}).
*significativo a 5% de probabilidade.

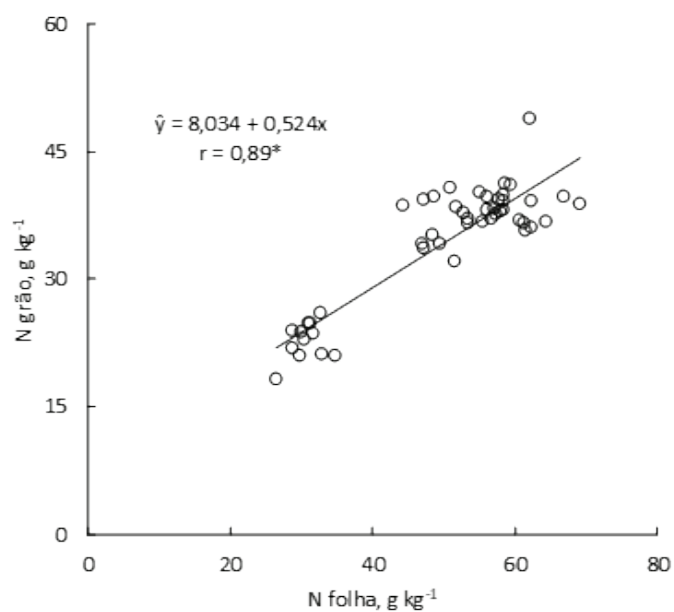


Figura 4. Correlação ($p \leq 0,05$) das variáveis N na folha (g kg^{-1}) e N nos grãos (g kg^{-1}) para a cultivar de grão-de-bico BRS Aleppo.
*significativo a 5% de probabilidade.

Conclusões

Houve interação entre N e Mg e as doses de N influenciaram a concentração de Mg foliar. O impacto das doses de N na concentração de N nos grãos é destacado, mostrando um decréscimo a partir de 440 mg kg⁻¹, indicando que o excesso de N pode diminuir a concentração de N nos grãos. A correlação significativa entre o teor foliar de N e o N nos grãos evidenciou a alta mobilidade do nutriente, sugerindo que ambos são indicativos importantes do estado nutricional de N na planta. Semelhante aos teores nos grãos, a aplicação de N causou efeito positivo no incremento de N foliar, entretanto, a partir do tratamento com dose estimada de 385,5 mg kg⁻¹, houve decréscimo na concentração de N foliar.

Agradecimentos

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

Referências

- CANIZELLA, B. T.; MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; FAGERIA, N. K. Efficiency of magnesium use by common bean varieties regarding yield, physiological components and nutritional status of plants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 46, p. 1376-1390, 2015.
- DELFIN, J.; MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; SILVA, J. F.; MOREIRA, P. A. M.; LIMA FILHO, O. F. Soil phosphorus availability impacts chickpea production and nutritional status in tropical soils. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, 2024. 16 p. DOI: 10.1007/s42729-024-01738-5.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas princípios e perspectivas**: metabolismo mineral. Londrina: Ed. Planta, 2006. 393 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, p. 529-535, 2019.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.
- MARSCHNER, P. **Mineral nutrition for higher plants**. London: Academic Press, 2012. 649 p.
- MOREIRA, A.; FAGERIA, N. K.; GARCIA Y GARCIA, A. Effect of liming on the nutritional conditions and yield of alfalfa grown in tropical conditions. **Journal of Plant Nutrition**, v. 34, p. 1107-1119, 2011.
- 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.
- SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality. **Biometrika**, v. 52, p. 591-611, 1965.
- WANG, X.; ZHANG, Y.; YANG, C.; ZHANG, X. Effects of nitrogen application rates on growth and nitrogen uptake of rice plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 41, p.1320-1335, 2018.

Potencial de utilização do uso de misturas de *Metarhizium* sp. com inseticidas em doses subletais aplicadas sobre *Euschistus heros*

Nicolas Vargas Perandré⁽¹⁾, Alini Almeida⁽²⁾, Daniel Ricardo Sosa-Gómez⁽³⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Universidade do Norte do Paraná, bolsista PIBIT/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Estagiária de doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. ⁽³⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

O percevejo marrom, *Euschistus heros* (Fabricius) (Heteroptera: Pentatomidae) é um inseto polífago de elevada prevalência, que se alimenta de várias culturas de importância econômica como soja, feijão e girassol. Em consequência de seu hábito alimentar ocorre a redução de produtividade e da qualidade dos grãos de soja uma vez que causa enrugamento e deformação nos grãos atacados, redução da germinação e do vigor das sementes, alterações nos valores proteicos e de óleo (Hoffmann-Campo et al., 2000; Silva et al., 2012).

Dentre as estratégias de controle, o uso de inseticidas sintéticos é o principal meio empregado no controle das populações desse inseto na cultura da soja, entretanto, o uso contínuo de inseticidas com o mesmo modo de ação por safras consecutivas pode favorecer a seleção de fenótipos resistentes aos principais inseticidas usados na cultura (Sosa-Gómez et al., 2021; Steinhaus et al., 2022). Portanto, o uso de agentes de controle microbiológicos torna-se uma alternativa no controle de suas populações.

Dentre os agentes de controle biológico, estão os fungos entomopatogênicos, como *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin, conhecido por infectar diversas espécies de invertebrados (Van Lenteren et al., 2018). Estudos têm demonstrado que espécies de *Metarhizium* exercem controle sobre pragas agrícolas e florestais como coleópteros, cigarrinhas e gafanhotos, tornando-se uma alternativa promissora aos pesticidas químicos devido à sua biodegradabilidade e especificidade de hospedeiros (Magalhães et al., 2000; Van Lenteren, 2012; Iwanicki et al., 2019).

A aplicação prática desse fungo no manejo integrado de pragas tem sido investigada em diversos ambientes agrícolas, visando não apenas a eficácia no controle de populações de insetos, mas também a redução dos impactos ambientais associados aos métodos convencionais de controle de pragas. Entretanto, de maneira geral, os percevejos apresentam maior tolerância a infecção por fungos entomopatogênicos que outras espécies como gafanhotos (Nowierski et al., 1996; Sosa-Gómez et al., 1997), sendo necessárias doses elevadas o que aumenta o custo de controle. A busca por novas cepas de *M. anisopliae* e estratégias de aplicação para melhorar sua eficiência como biopesticida são de suma importância. O presente estudo teve como objetivo testar a compatibilidade do isolado CNPSo-Ma356 com inseticidas comerciais em doses reduzidas para determinar o potencial de utilização do fungo nas populações do *E. heros* em condições de estresse.

Material e métodos

O isolado CNPSo-Ma 356 foi obtido da coleção da Embrapa Soja, inoculado em meio de cultura BDA (caldo de 200 g de batata, 15 g de dextrose, 15g de ágar e q.s.p. 1000 mL). Após 12 a 14 dias de crescimento das colônias, os conídios do fungo foram obtidos por raspagem e suspensos em água destilada estéril.

Grupos de 15 percevejos foram acondicionados em três ou quatro caixas Gerbox, totalizando 45 a 60 indivíduos em cada tratamento. Os tratamentos consistiram em: 1) controle: 2 µL de água; 2) inseticida Zeus® (dinotefuran 84 g.L⁻¹+ λ-cialotrina 48 g.L⁻¹), na dose de 0,012 µg ia.percevejo adulto⁻¹; 3) fungo na dose de 8.10⁴ conídios viáveis de *Metarhizium* sp. e 4) aplicação sequencial iniciando pela aplicação do inseticida e depois a inoculação dos conídios do fungo.

Em todos os casos cada indivíduo foi tratado com 2 µl da suspensão ou água (testemunha), aplicados na parte ventral do percevejo entre as coxas para evitar o escorrimento da suspensão (Figura 1).

Após a aplicação dos tratamentos os insetos foram acondicionados em caixas de poliestireno (11cm x 11cm x 3,5cm) com vagens e um algodão úmido para proporcionar umidade adequada, a temperatura foi mantida em $26 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotofase de 14 h. Diariamente, durante 10 dias foi registrada a mortalidade e realizada a troca de alimento (vagens de feijão). Os insetos mortos foram colocados em câmara úmida para verificar se a mortalidade ocorreu pela ação do *Metarhizium*, por meio da observação visual da presença do fungo na superfície do cadáver.



Figura 1. Local de inoculação dos agentes inseticidas em *Euschistus heros*.

Resultados e discussão

As curvas de mortalidade acumulada dos percevejos com sinais do isolado CNPSO-Msp 356 indicam que os inseticidas inoculados sequencialmente, primeiro o inseticida e depois a suspensão de conídios, aparentemente não afetou a ação do fungo, uma vez que a mortalidade foi elevada no tratamento da mistura do inseticida com o isolado CNPSO-Msp 356 (Figura 2). As maiores mortalidades foram observadas nos tratamentos com a presença do fungo entomopatogênico aplicado com doses subletais do inseticida e do fungo aplicado isoladamente. Em alguns casos foi observada a emergência de moscas Tachinidae dos adultos e posterior morte causada por *Metarhizium*, sem afetar a sobrevivência das larvas.

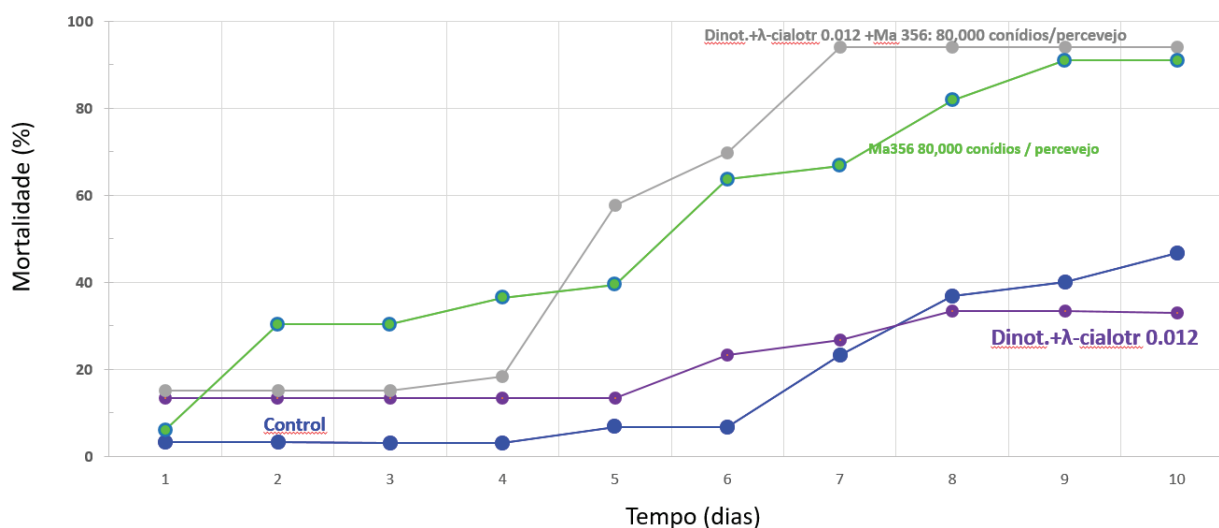


Figura 2. Mortalidade de *Euschistus heros* com e sem sinais da infecção causada por 80,000 conídios de *Metarhizium* sp. (CNPSO-Msp 356), 0,012 µg de i.a. de dinotefuran+ λ-cialotrina por percevejo adulto e suas misturas

A mortalidade confirmada com a presença do fungo sobre os cadáveres dos adultos de *E. heros* indicam também o favorecimento de maiores índices de infecção pela presença do inseticida inoculado em aplicações tópicas de doses subletais (Figura 3).

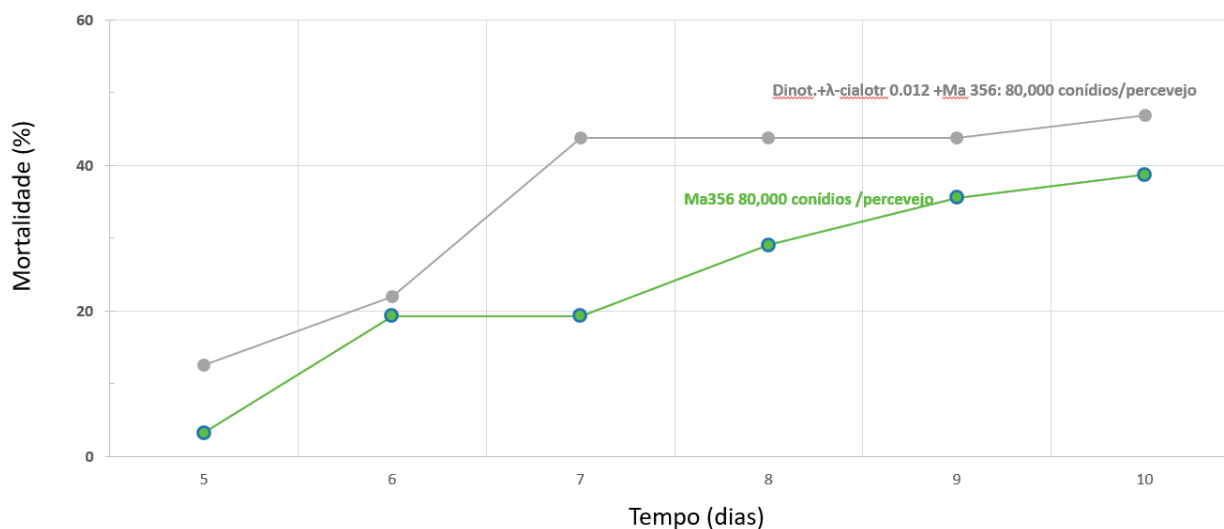


Figura 3. Mortalidade de *Euschistus heros* com sinais da infecção causada por 80,000 conídios de *Metarhizium* sp. (CNPSO-Msp 356), 0,012 µg de i.a. de dinotefuran+ λ-cialotrina por percevejo adulto e suas misturas.

Conclusões

Doses subletais de dinotefuran+ λ-cialotrina favoreceram a infecção pelo isolado de *Metarhizium* sp. em adultos de *E. heros*.

Referências

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; PANIZZI, A. R.; CORSO, I. C.; GAZZONI, D. L.; OLIVEIRA, E. B. HORI, K. Z. Possible causes of the disease symptoms resulting from the feeding of phytophagous Heteroptera. In: SCHAEFER, C.W.; PANIZZI, A.R. (ed.). **Heteroptera of economic importance**. Boca Raton: CRC Press, 2000. p. 11-35.

- IWANICKI, N. S. A.; PEREIRA, A. A.; BOTELHO, A. B. R. Z.; REZENDE, J. M.; MORAL, R. D. A.; ZUCCHI, M. I.; DELALIBERA JÚNIOR, I. Monitoring of the field application of *Metarhizium anisopliae* in Brazil revealed high molecular diversity of *Metarhizium* spp in insects, soil and sugarcane roots. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 4443, 2019.
- MAGALHÃES, B. P.; LECOQ, M.; FARIA, M. D.; SCHMIDT, F. G.; GUERRA, W. D. Field trial with the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* against bands of the grasshopper *Rhammatocerus schistocercoides* in Brazil. **Biocontrol Science and Technology**, v. 10, n. 4, p. 427-441, 2000.
- NOWIERSKI, R. M.; ZHENG, Z.; JARONSKI, S.; DELGADO, F.; SWEARINGEN, W. Analysis and modeling of time-dose-mortality of *Melanoplus sanguinipes*, *Locusta migratoria migratorioides*, and *Schistocerca gregaria* (Orthoptera: Acrididae) from *Beauveria*, *Metarhizium*, and *Paecilomyces* isolates from Madagascar. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 67, p. 236-252, 1996.
- SILVA, F. A. C.; SILVA, J. J. da; DEPIEREI, R. A.; PANIZZI, A. R. Feeding activity, salivary amylase activity, and superficial damage to soybean seed by adult *Edessa meditabunda* (F.) and *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, v. 41, p. 386-390, 2012.
- SOSA-GÓMEZ, D. R.; BOUCIAS, D. G.; NATION, J. L. Attachment of *Metarhizium anisopliae* to the southern green stink bug *Nezara viridula* cuticle and fungistatic effect of cuticular lipids and aldehydes. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 69, n. 1, p. 31-39, 1997.
- SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; KRAEMER, B.; PASINI, A.; HUSCH, P. E.; VIEIRA, C. E. D.; MARTINEZ, C. B. R.; LOPES, I. de O. N. Prevalence, damage, management and insecticide resistance of stink bug populations (Hemiptera: Pentatomidae) in commodity crops. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 22, n. 2, p. 99-118, 2021.
- STEINHAUS, E. A.; WARPECHOWSKI, L. F.; BRAGA, L. E.; MORIN, M.; TENÓRIO, C.; BOFF, J.S.; BERNARDI, O.; FARIAS, J. R. Intra-and interspecific variation in the susceptibility to insecticides of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) that attack soybean and maize in southern Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 115, n. 2, p. 631-636. 2022.
- VAN LENTEREN, J. C. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. **BioControl**, v. 57, n. 1, p. 1-20, 2012.
- VAN LENTEREN, J. C.; BOLCKMANS, K.; KÖHL, J.; RAVENSBERG, W. J.; URBANEJA, A. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl**, v. 63, n. 1, p. 39-59, 2018.

Prospecção de bactérias para controle de fitopatógenos da soja

Vanessa Batista Moreira⁽¹⁾, Gisele Gonçalves Pozzobom Fantinato⁽²⁾, Leandro Eugênio Cardamone Diniz⁽³⁾, Guilherme Julião Zocolo⁽³⁾, Ivani de Oliveira Negrão Lopes⁽³⁾, Claudine Dinali Santos Seixas⁽³⁾

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Norte do Paraná, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Analista, Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽³⁾ Pesquisador(a), Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

As doenças que afetam a soja estão entre os fatores que impedem que a cultura atinja todo o seu potencial de produtividade, podendo afetá-la desde a germinação, até o final do enchimento das vagens. Essas doenças podem ser causadas por fungos, bactérias, vírus e nematoides (Seixas et al., 2020).

Para evitar perdas, algumas estratégias de manejo devem ser adotadas em conjunto, levando-se em conta as doenças que ocorrem comumente na área de plantio. Usar sementes certificadas e/ou tratadas podem evitar a introdução de patógenos na área. Quando disponíveis, utilizar cultivares resistentes e/ou tolerantes são opções viáveis que podem contribuir com a redução do custo pelo menor uso de agrotóxicos. Outras estratégias aconselhadas são: bom manejo do solo; correção e adubação de acordo com a análise de solo; atenção à época de semeadura; no caso da ferrugem-asiática, respeitar o período do vazio sanitário; utilizar de forma correta os agrotóxicos; evitar cultivos sucessivos de soja, com rotação/ diversificação de cultivos (Hartman et al., 2015; Godoy et al., 2016; Seixas et al., 2020).

O uso de produtos biológicos também é uma opção aconselhada e vem crescendo a sua utilização. Os agentes de biocontrole são microrganismos antagonistas com potencial de interferir na sobrevivência e/ou no crescimento dos patógenos. Os mecanismos de ação são divididos em antibiose, indução de resistência, parasitismo, predação, competição e promoção de crescimento, sendo que um microrganismo pode agir por mais de um mecanismo (Medeiros et al., 2018). Além disso, os microrganismos podem atuar nos processos de solubilização de nutrientes (Richardson, 2009) e/ou na promoção de crescimento (Woo et al., 2014; Monte et al., 2019). Esses não são mecanismos ligados diretamente aos processos de parasitismo.

Os efeitos dos ativos biológicos estão diretamente relacionados com a cepa do microrganismo e com sua formulação, que garante a otimização dos efeitos no campo, a estabilidade dos ativos, a compatibilidade com outros produtos, o uso de doses menores, a redução de impactos de toxicidade, a facilidade na aplicação e o maior tempo de prateleira. Essas características são fundamentais para permitir que o produto biológico possa ser introduzido como estratégia de controle, junto com outras estratégias (Borsari; Vieira, 2022). A maioria dos produtos que estão no mercado são à base de fungos e/ou bactérias.

As bactérias constituem o maior grupo de microrganismos de ocorrência no solo. Algumas espécies possuem a capacidade de produzir antibióticos, enquanto outras exibem ação antagônica contra fitopatógenos (Siqueira, 1988). A primeira etapa para a obtenção de um bioproduto é a prospecção, que consiste na busca por cepas capazes de interferir na sobrevivência ou no crescimento do microrganismo alvo.

O objetivo deste trabalho foi verificar, *in vitro*, o potencial de cepas de bactérias, obtidas de amostras de solo de diversos locais, para controle de fitopatógenos da soja.

Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido no laboratório de Fitopatologia da Embrapa Soja, em Londrina, PR. Os microrganismos avaliados pertencem à Coleção de Microrganismos de Interesse para a Agricultura da Embrapa Soja (CMES).

Foram avaliadas 86 cepas de bactérias obtidas de amostras de solo coletadas em diversos municípios do Paraná. Essas cepas foram testadas para controle dos fungos *Neocosmospora phaseoli* (sin. *Fusarium brasiliense*) (podridão vermelha da raiz), isolado CMES 04; *Cercospora canescens* (crestamento de *Cercospora*), CMES 2159; *Corynespora cassicola* (mancha-alvo e podridão radicular de *Corynespora*), CMES 980; *Macrophomina phaseolina* (podridão de carvão), CMES 2129; *Sclerotinia sclerotiorum* (mofo-branco), CMES 2250; *Colletotrichum truncatum* (antracnose), CMES 1080 e *Rhizoctonia solani* (tombamento e morte em reboleira de *Rhizoctonia*), CMES 1796.

O método utilizado foi de culturas pareadas, que consiste na confrontação direta dos microrganismos em meio de cultura. Os fungos fitopatogênicos foram cultivados em meio BDA por sete dias a 25 °C. As bactérias foram cultivadas em meio TSA a 28 °C por 72 horas. Após esse período foi preparada suspensão de cada bactéria, acrescentando 5 mL de solução salina estéril à placa e homogeneizando com a alça de drigalski.

O pareamento foi feito transferindo-se um disco de 4 mm de diâmetro do micélio do fungo para o centro de placas de Petri contendo meio BDA. Em oito pontos equidistantes do disco do micélio foram adicionados 5 µL de suspensão da bactéria. Placas contendo somente o fitopatógeno foram utilizadas como controle. O teste foi realizado em triplicata e as placas foram mantidas em câmara de crescimento por sete dias, a 25 °C e fotoperíodo de 12 h. Após sete dias de incubação mediu-se o raio da colônia do fitopatógeno na presença e na ausência das bactérias. A zona de inibição (ZI) de cada bactéria contra cada fungo foi calculada de acordo com Campanile et al. (2007) utilizando a fórmula:

$$(ZI)\% = (N1 - N2) \div N1 \times 100$$

Sendo N1 o raio da colônia encontrado na ausência do antagonista e N2 o crescimento do micélio na presença do antagonista.

É importante ressaltar que ZI é, por natureza, uma variável relativa e, portanto, os valores entre as diferentes espécies de fungos são comparáveis.

Os dados da zona de inibição foram submetidos a análise de variância. Com base nessa análise foram obtidas as estimativas de mínimos quadrados para as médias de ZI. Essas estimativas, juntamente com uma variável categórica de identificação resultante da combinação da identificação dos fungos e das bactérias, foram fornecidas como entrada ao algoritmo de agrupamento hierárquico de Ward (Ward, 1963).

Resultados e discussão

Todas as bactérias testadas tiveram algum efeito, maior ou menor, sobre os fungos. O dendrograma gerado pelo algoritmo de Ward indicou dois grupos de pares fungo-bactéria, sendo que o primeiro contém os pares com ZIs iguais ou menores à 25%, enquanto o segundo engloba os demais. Dentro de cada um desses grupos, é possível obter outras divisões contendo pares de patógeno-antagonista com ZIs mais semelhantes entre si. O número final de grupos foi estabelecido como quatro, sendo que os dois primeiros grupos apresentaram pares com ZIs, respectivamente entre 0-9% e 9-25%. Os dois outros grupos continham os pares com ZIs variando entre 24-45% e 45-100%, conforme mostrado na Figura 1. Considerando a faixa de inibição de 45 a 100%, 30 das 86 bactérias se destacaram no confronto com pelo menos um fungo. Apenas para *Rhizoctonia solani*, o máximo de inibição ficou na faixa de 9 a 25%, com as bactérias 44 e 70.

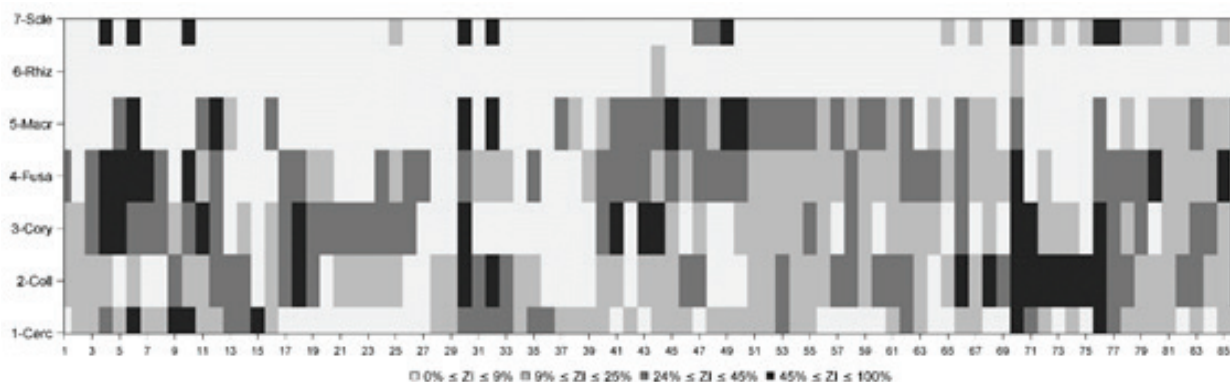


Figura 1. Zona de inibição das 86 bactérias frente aos fungos fitopatogênicos *Cercospora canescens* (1-Cerc), *Colletotrichum truncatum* (2-Coll), *Corynespora cassiicola* (3-Cory), *Neocosmospora phaseoli* (4-Fusa), *Macrophomina phaseolina* (5-Macr), *Rhizoctonia solani* (6-Rhiz), *Sclerotinia sclerotiorum* (7-Scle).

A bactéria 70 foi capaz de afetar os sete fungos, cinco na faixa de 45-100% de inibição (*Cercospora canescens*, *Colletotrichum truncatum*, *Corynespora cassiicola*, *Neocosmospora phaseoli*, *Sclerotinia sclerotiorum*). As bactérias 30 e 76 afetaram quatro fungos na faixa de 45- 100% de inibição; a bactéria 30 afetou *Colletotrichum truncatum*, *Corynespora cassiicola*, *Macrophomina phaseolina* e *Sclerotinia sclerotiorum*, enquanto a bactéria 76 afetou *Cercospora canescens*, *Colletotrichum truncatum*, *Corynespora cassiicola* e *Sclerotinia sclerotiorum*.

Observando o resultado para cada fungo, na faixa de 45-100%, seis bactérias foram capazes de inibir *C. canescens* (6, 9, 10, 15, 70 e 76); doze inibiram *C. truncatum* (18, 30, 32, 66, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75 e 76); onze inibiram *C. cassiicola* (4, 5, 11, 18, 30, 41, 43, 44, 70, 71, e 76), oito inibiram *Neocosmospora phaseoli* (4, 5, 6, 7, 10, 70, 80 e 85), sete inibiram *Macrophomina phaseolina* (6, 12, 30, 32, 45, 49 e 50) e nove inibiram *Sclerotinia sclerotiorum* (4, 6, 10, 30, 32, 49, 70, 76 e 77).

Esse teste *in vitro* será repetido. De qualquer forma, as 30 bactérias que inibiram, um ou mais fungos, na faixa superior de zona de inibição (45 a 100%) serão identificadas por sequenciamento. Caso sejam de espécies que não apresentem nenhum tipo de risco, serão submetidas a outros tipos de testes e também poderão passar por análise para identificação e uso de seus metabólitos no controle dos fitopatógenos.

Conclusões

Várias bactérias foram capazes de afetar os fungos fitopatogênicos de importância para a cultura da soja. Essa foi uma primeira etapa para verificar o potencial desse conjunto de bactérias. Testes *in vivo* devem ser conduzidos para confirmar o possível efeito significativo sobre os fungos.

Referências

- BORSARI, A. C. P.; VIEIRA, L. C. Mercado e perspectivas dos bioinsumos no Brasil. In: MEYER, M. C.; BUENO, A. de F.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da (ed.). **Bioinsumos na cultura da soja**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. cap. 2, p. 39-52.
- CAMPANILE, G.; RUSCELLI, A.; LUISI, N. Antagonistic activity of endophytic fungi towards *Diplodia corticola* assessed by in vitro and in planta tests. **European Journal of Plant Pathology**, v. 117, p. 237-246, 2007.
- GODOY, C. V.; ALMEIDA, A. M. R.; COSTAMILAN, L. M.; MEYER, M. C.; DIAS, W. P.; SEIXAS, C. D. S.; SOARES, R. M.; HENNING, A. A.; YORINORI, J. Y.; FERREIRA, L. P.; SILVA, J. F. V. Doenças da soja. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (ed.). **Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2016. v. 2, cap. 67, p. 657-675.

- 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.
- 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. (ed.) **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 5. ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2018. v. 1., p. 261-274.
- 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. da (ed.). **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. cap. 4, p. 181-199.
- RICHARDSON, A. E. Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 28, p. 897-906, 2009.
- SEIXAS, C. D. S.; SOARES, R. M.; GODOY, C. V.; MEYER, M. C.; COSTAMILAN, L. M.; DIAS, W. P.; ALMEIDA, A. M. R. Manejo de doenças. In: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. C. (ed). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. p. 227-264. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17).
- SIQUEIRA, J. O. **Biotechnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 1988. 118 p.
- WARD, J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American Statistical Association**, v. 58, p. 236-244, 1963.
- WOO, S. L.; RUOCCO, M.; VINALE, F.; NIGRO, M.; MARRA, R.; LOMBARDI, N.; LORITO, M. *Trichoderma*-based products and their widespread use in agriculture. **The Open Mycology Journal**, v. 8, p. 71-126, 2014.

