

DOCUMENTOS

440

ISSN 2176-2937
Agosto/2021

XVI Jornada Acadêmica da Embrapa Soja

Resumos expandidos



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

DOCUMENTOS 440

XVI Jornada Acadêmica da Embrapa Soja Resumos expandidos

*Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite
Kelly Catharin*
Editoras Técnicas

Embrapa Soja
Londrina, PR
2021

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Soja
Rod. Carlos João Strass, s/n
Acesso Orlando Amaral, Distrito da Warta
CEP 86001-970
Caixa Postal 231
Londrina, PR
Fone: (43) 3371 6000
www.embrapa.br/soja
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

**Comitê Local de Publicações
da Embrapa Soja**

Presidente
Alvadi Antonio Balbinot Junior

Secretária-Executiva
Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite

Membros
Clara Beatriz Hoffmann-Campo, Claudine Dinali Santos Seixas, Ivani de Oliveira Negrão Lopes, Liliâne Márcia Mertz-Henning, Marco Antônio Nogueira, Mariangela Hungria da Cunha, Mônica Juliani Zavaglia Pereira e Norman Neumaier

Supervisão editorial
Vanessa Fuzinatto Dall' Agnol

Normalização bibliográfica
Valéria de Fátima Cardoso

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Edição eletrônica e capa
Vanessa Fuzinatto Dall' Agnol

1ª edição
PDF digitalizado (2021).

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 (16. : 2021: Londrina, PR).

Resumos expandidos [da] XVI Jornada Acadêmica da Embrapa Soja / Regina Maria Villas Boas de Campos Leite, Kelly Catharin, editoras técnicas – Londrina: Embrapa Soja, 2021.

163 p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937 ; n. 440).

1. Soja-Pesquisa. 2. Pesquisa agrícola. I. Série.

CDD: 630.2515 (21. ed.)

Editoras técnicas

Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite

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

Kelly Catharin

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

Apresentação

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

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

Em sua 16ª edição, realizada no dia 15 de julho de 2021, totalmente no formato online, a Jornada Acadêmica contou com 20 trabalhos inscritos, cujos resumos expandidos encontram-se nesta publicação, que temos a satisfação de apresentar.

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

Alvadi Antonio Balbinot Junior

Chefe-adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Embrapa Soja

Sumário

Produtividade de grãos na sucessão soja/milho segunda safra em função do consórcio de milho com braquiária e adubação nitrogenada.....	9
Análise <i>in silico</i> de genes para ganho em teor e qualidade proteica em semente de soja	17
Análise <i>in silico</i> da família PF00257 em soja visando identificar genes candidatos para tolerância à seca via edição gênica.....	27
Aplicação de calcário e zinco no estado nutricional e componentes de produção do trigo.....	37
Indicadores de qualidade física no solo em diferentes modelos de produção de soja no norte e noroeste do Paraná	42
Potencial fisiológico de sementes de soja armazenadas em diferentes ambientes	52
Avaliação da densidade populacional de <i>Aphelenchoides besseyi</i> em função de doses de calcário na soja	61
Estudo do efeito nutricional da soja sobre a infecção por <i>Aphelenchoides besseyi</i>	67
Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol cultivados em segunda safra, 2019 e 2020.....	74
Avaliação da eficiência de fungicidas para o controle de doenças de final de ciclo em Londrina, PR	80
Novos aspectos da interação <i>Pratylenchus brachyurus</i> -soja baseados na predição das proteínas-alvo no hospedeiro	86

Efeito de doses e fontes de fertilizantes fosfatados com tecnologia agregada na área foliar de soja.....	94
Caracterização da proteína FAR1 (Fatty-acid and retinol binding protein) do nematoide de cisto da soja <i>Heterodera glycines</i>	100
Otimização da etapa de extração para a determinação do potássio foliar pela técnica FAST-K.....	108
Virulência de <i>Bipolaris euphorbiae</i> em plantas de amendoim-bravo (<i>Euphorbia heterophylla</i>) de diferentes procedências.....	117
Controle do percevejo <i>Euschistus heros</i> em soja com inseticidas químicos pulverizados com drone	124
Qualidade do manejo do solo em glebas agrícolas nas regiões norte e noroeste do Paraná.....	131
Controle da lagarta <i>Spodoptera frugiperda</i> (Lepidoptera: Noctuidae) milho com inseticidas químicos associados a extratos de planta	140
Níveis de infestação de <i>Euschistus heros</i> em genótipos com características de resistência a insetos: parâmetros de produtividade e indicadores de tolerância.....	149
Depósito de inseticida em diferentes estratos da planta de soja obtido na pulverização com drone	157

Produtividade de grãos na sucessão soja/milho segunda safra em função do consórcio de milho com braquiária e adubação nitrogenada

FRANCO, A.¹; BALBINOT JUNIOR, A. A.²; COELHO, A. E.³; DEBIASI, H.²; FRANCHINI, J. C.²

¹FPL, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR, alexandre2019agronomia@gmail.com, ²Pesquisador, Embrapa Soja, ³UDESC, Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal.

Introdução

A baixa diversificação de espécies cultivadas, o pousio na entressafra da soja e a produção de palha e de raízes insuficiente para o Sistema Plantio Direto (SPD) têm comprometido a sustentabilidade dos sistemas produtivos de grãos, sobretudo em regiões tropicais, aumentando a degradação do solo e a infestação de plantas daninhas de difícil controle (Balbinot et al., 2008; Carvalho et al., 2013). O consórcio de espécies graníferas com plantas de cobertura no outono/inverno é uma alternativa promissora para aumentar a quantidade de palha e a ciclagem de nutrientes no SPD, permitindo maior retorno econômico (Barducci et al., 2009; Mendonça et al., 2015). Nesse contexto, o consórcio mais promissor no Brasil é o milho segunda safra com espécies de braquiária.

Nas últimas safras, muitos produtores têm optado pela redução ou supressão total da adubação nitrogenada no milho segunda safra, a fim de reduzir custos e o risco inerente à atividade, baseado na baixa resposta da cultura a essa prática frente a fatores climáticos desfavoráveis. No entanto, o cultivo do milho segunda safra sem adubação nitrogenada de cobertura pode afetar negativamente o desempenho do milho e da soja em safras subsequentes, pois o incremento no rendimento das espécies cultivadas, bem como a ciclagem de nutrientes para os cultivos sucessores é dependente do nitrogênio (N) no sistema (Bernardon et al., 2020). De acordo com Câmara (2014), a aplicação de N mineral em culturas de entressafra da soja influencia positivamente na produtividade da oleaginosa, em função da redução da relação C/N da palhada e consequente disponibilização de nutrientes à soja semeada em sucessão.

As atuais recomendações de adubação nitrogenada desconsideram as interações entre as plantas de milho e braquiária quando em consórcio e o histórico de manejo de adubação nitrogenada (Moreira et al., 2017). É possível que haja diferentes respostas a doses crescentes de N na cultura do milho em função da modalidade de cultivo ou do histórico de adubação nitrogenada da área. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o impacto do histórico da adubação nitrogenada, do consórcio de milho com braquiária e do uso de doses crescentes de N no milho segunda safra sobre o desempenho agrônômico do milho e da soja em sucessão.

Material e Métodos

O experimento foi implantado em março de 2018, em Londrina, PR (23°12' sul, 51°11' oeste e altitude de 585 m), em um Latossolo Vermelho distroférrico de textura muito argilosa. O delineamento experimental foi de blocos completos casualizados, em esquema de parcelas sub-subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas foram alocadas duas modalidades de cultivo, milho solteiro e consorciado com *Urochloa ruziziensis*. Nas subparcelas foram avaliados dois históricos de manejo de adubação nitrogenada, 0 e 80 kg ha⁻¹ de N, aplicados no milho em 2018 e 2019. Nas sub-subparcelas, foram avaliadas quatro doses de nitrogênio em cobertura no milho, 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N. Os tratamentos das sub-subparcelas foram impostos a partir de março de 2020. O tamanho das sub-subparcelas foi de 5 x 8 m (40 m²) e área útil de 3,2 x 7 m (22,4 m²).

Na safra em avaliação (2020/2021), o milho segunda safra foi semeado sobre os resíduos da cultura da soja no dia 13 de março de 2020. Utilizou-se uma semeadora-adubadora na semeadura do milho em uma densidade de 70 mil sementes viáveis ha⁻¹ do híbrido P30F53 e deposição da adubação na base de acordo com as recomendações do Manual de Adubação e Calagem para o Paraná (Moreira et al., 2017), para uma expectativa de produtividade de 10 Mg ha⁻¹. Simultaneamente, foi realizada a semeadura da braquiária (*Urochloa ruziziensis*) na densidade de 8 kg ha⁻¹ de sementes puras e viáveis na entrelinha da cultura do milho, sem o uso de fertilizantes. A aplicação do N em cobertura foi realizada no estágio V6, na forma de nitrato de amônio. Para o controle de plantas daninhas e supressão do crescimento da braquiária foram utilizados 3,5 L p.c. ha⁻¹ de Atrazina.

No final de setembro, a braquiária foi dessecada com glifosato (1.080 g e.a. ha⁻¹). A cultura da soja foi semeada em outubro de 2020. Para tal, utilizou-se uma semeadora-adubadora ajustada para o espaçamento de 45 cm e 350 mil sementes viáveis de soja ha⁻¹. A cultivar utilizada foi a BRS 1061 IPRO e a adubação adotada conforme as recomendações técnicas da cultura. As sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium* spp. no dia da semeadura e as práticas culturais realizadas de acordo com as recomendações para as culturas. A produtividade de grãos foi estimada pela colheita de duas linhas de sete metros de comprimento para o milho e de três linhas para a soja por sub-subparcela, sendo os valores corrigidos para 13% de umidade e expressos em kg ha⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ($p \leq 0,05$). Quando houve efeito significativo dos fatores experimentais, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 são apresentados os valores de significância (p -valores) dos efeitos principais dos fatores experimentais em estudo e das suas interações para a produtividade do milho e da soja. Na ausência de adubação nitrogenada de cobertura no milho, o cereal cultivado em consórcio com a braquiária produziu 730 kg ha⁻¹ a menos do que o milho solteiro (Figura 1). A magnitude do impacto negativo da braquiária sobre o milho reduziu à medida em que houve aumento da dose de N em cobertura. Em doses superiores a 120 kg ha⁻¹ de N não houve diferença de produtividade do milho consorciado e não consorciado com braquiária. Isso demonstra que a competição por N limita a produtividade do milho em consórcio com a braquiária. A adubação nitrogenada no milho, além de reduzir o impacto da competição por recursos imposta pela braquiária, promove maior ciclagem de nutrientes no sistema e aumenta a produção de palha e raízes, o que pode contribuir com o aumento da produtividade em safras subsequentes ou em culturas cultivadas em sucessão (Momesso et al., 2019; Balbinot Junior et al., 2017).

A produtividade da soja foi influenciada pelas interações entre consórcio do milho com braquiária e histórico de adubação nitrogenada no milho, consórcio do milho com braquiária e doses de N no milho e histórico e doses de N no

milho (Tabela 1). Independentemente do histórico de adubação nitrogenada, a soja cultivada após o milho consorciado apresentou maior produtividade de grãos (Figura 2). No entanto, quando a soja foi cultivada após o milho solteiro em área onde no histórico de manejo não foi utilizada adubação nitrogenada no milho segunda safra, a soja apresentou menor produtividade em relação à área em que se utilizou adubação nitrogenada em cobertura de 80 kg ha⁻¹ de N nas safras 2018 e 2019. Esses resultados demonstram o impacto positivo da adubação nitrogenada no milho segunda safra sobre a soja, mesmo após três anos.

Tabela 1. Resumo da análise de variância (*p*-valores), para consórcio do milho com braquiária, em combinação com histórico de adubação nitrogenada e doses de nitrogênio em cobertura. Médias dos efeitos principais de consórcio, doses de N e histórico seguidas por letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey (*p*≤0,05). Londrina, PR.

	Produtividade do milho	Produtividade da soja
Consórcio (<i>p</i>)	0,1490	0,0224
CV 1 (%)	11,72	12,66
Histórico N (<i>p</i>)	0,4751	0,0331
Consortio x Histórico N (<i>p</i>)	0,4029	0,0008
CV 2 (%)	12,14	3,57
Dose N (<i>p</i>)	0,3962	0,0158
Dose N x Consórcio (<i>p</i>)	0,0867	0,0199
Dose N x Histórico N (<i>p</i>)	0,7340	0,0395
Dose N x Consórcio x Histórico N (<i>p</i>)	0,5798	0,0334
CV3 (%)	6,47	7,35
	Produtividade (kg ha ⁻¹)	
Milho + Braquiária	8320 ^{ns}	4614 a
Milho Solteiro	8805	4019 b
Histórico Com N	8661 ^{ns}	4370 a
Histórico Sem N	8463	4264 b
0 kg ha ⁻¹ de N	8399 ^{ns}	4421 a
60 kg ha ⁻¹ de N	8741	4082 b
120 kg ha ⁻¹ de N	8555	4384 ab
180 kg ha ⁻¹ de N	8555	4380 ab

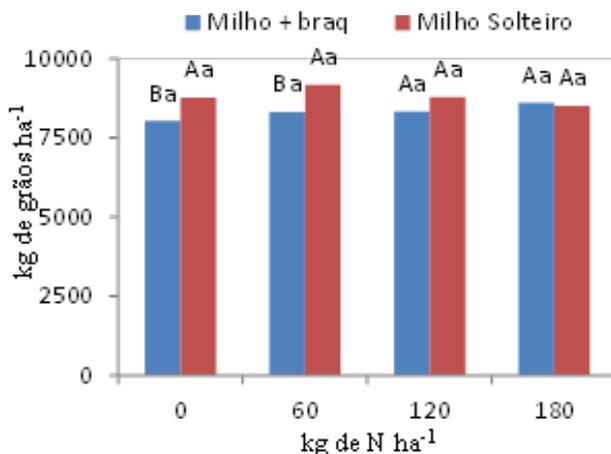


Figura 1. Produtividade do milho em função de doses de N no milho e consórcio de milho com braquiária. Médias seguidas por letras iguais, minúscula para doses de N e maiúscula para consórcio, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Londrina, PR.

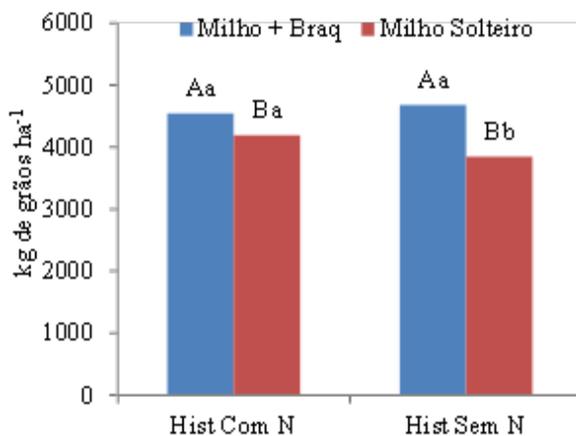


Figura 2. Produtividade da soja em função do consórcio de milho com braquiária e histórico de adubação nitrogenada no milho segunda safra. Médias seguidas por letras iguais, maiúscula para consórcio e minúscula para histórico, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Londrina, PR.

Na ausência de adubação nitrogenada de cobertura no milho na safra 2020, a soja em sucessão apresentou menor produtividade quando cultivada em área sem histórico de adubação nitrogenada no milho, em relação às áreas com histórico de adubação com N (Figura 3A). Quando se utilizaram mais

que 60 kg ha⁻¹ de N, o histórico de adubação nitrogenada não influenciou a produtividade da soja. Em áreas sem histórico de adubação nitrogenada, a dose de 120 kg ha⁻¹ de N aplicados ao milho foi a que proporcionou a maior produtividade da soja. A soja implantada após o milho que não recebeu N em cobertura, mas que havia recebido adubação nitrogenada nas safras 2018 e 2019, apresentou maior produtividade que a soja cultivada após o milho que recebeu 60 kg ha⁻¹ de N, não diferindo quando a dose de N foi de 120 e 180 kg ha⁻¹.

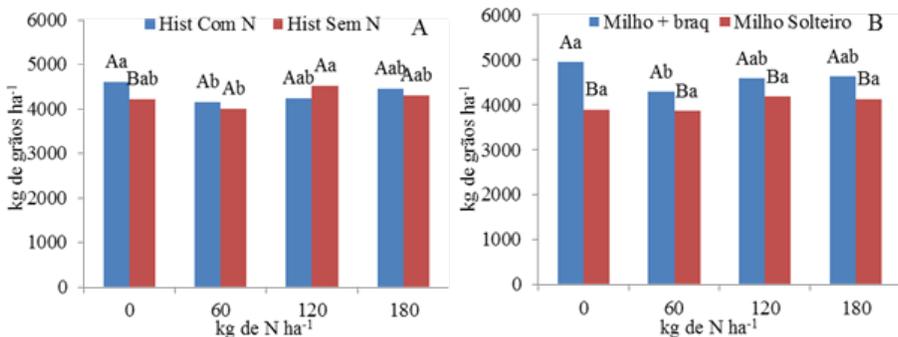


Figura 3. Produtividade da soja em função de doses de N no milho e histórico de adubação nitrogenada no milho segunda safra (A) e em função de doses de N no milho e consórcio de milho com braquiária (B). Médias seguidas por letras iguais, minúscula para doses de N e maiúscula para consórcio e histórico, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Londrina, PR.

Independentemente da dose de N aplicada, a soja cultivada após o milho consorciado com braquiária apresentou maior produtividade em relação à cultivada após o milho solteiro (Figura 3B). Na média das doses de N e histórico de adubação nitrogenada, o consórcio do milho com braquiária conferiu ganho de 595 kg ha⁻¹ na produtividade da oleagionosa, um aumento de aproximadamente 14%. Esse resultado indica o potencial que o consórcio de milho segunda safra com braquiária possui em beneficiar a soja em sucessão, principalmente em razão da melhoria da qualidade do solo (Balbinot Junior et al., 2017), maior quantidade de palha no sistema e incremento da ciclagem de nutrientes.

A adubação nitrogenada de cobertura no milho segunda safra, que por vezes não é realizada em função do alto risco agrometeorológico e baixa resposta agrônômica, pode ser um fator depreciativo no contexto de rendimento do

“sistema de produção”, além de ser uma importante ferramenta de manejo para o milho cultivado em consórcio. Diferentemente da adubação nitrogenada na soja (Ferreira et al., 2016), o histórico de adubação nitrogenada no milho segunda safra proporcionou aumento na produtividade da soja e a mitigação do impacto da braquiária no rendimento do milho em relação ao tratamento sem adição de N.

Conclusão

A adubação nitrogenada no milho segunda safra mitigou a redução no rendimento da cultura em função da competição do milho com a braquiária *ruziensis* em consórcio.

O consórcio do milho segunda safra com a braquiária *ruziensis* e o histórico com adubação nitrogenada do cereal elevaram a produtividade da soja cultivada em sucessão.

Referências

- BALBINOT JUNIOR, A. A.; MORAES, A.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J.; VEIGA, M. Formas de uso do solo no inverno e sua relação com a infestação de plantas daninhas em milho (*Zea mays*) cultivado em sucessão. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 569-576, 2008.
- 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, n. 8, p. 592-598, 2017.
- BARDUCCI, R. S.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E.; PUTAROV, T. C.; SARTI, L. M. N. Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 222, p. 211-222, 2009
- BERNARDON, A.; ASSMANN, T. S.; SOARES, A. B.; FRANZLUEBBERS, A. J.; MACCARI, M.; BORTOLLI, M. A. Carryover of N-fertilization from corn to pasture in an integrated crop-livestock system. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 67, n. 5, p. 687-702, 2020.
- CÂMARA, G. M. S. Fixação biológica do nitrogênio em soja. **Informações Agronômicas**, v. 147, p. 1-9, 2014.
- CARVALHO, W. P. de; CARVALHO, G. J. de; ABBADE NETO, D. de O.; TEIXEIRA, L. G. V. Desempenho agrônômico de plantas de cobertura usadas na proteção do solo no período de pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 2, p. 157-166, 2013.
- FERREIRA, A. S.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; WERNER, F.; ZUCARELI, C.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H. Plant density and mineral nitrogen fertilization influencing yield, yield components and concentration of oil and protein in soybean grains. **Bragantia**, v. 75, n. 3, p. 362-370, 2016.

MENDONÇA, V. Z. D.; MELLO, L. M. M. D.; ANDREOTTI, M.; PARIZ, C. M.; YANO, E. H.; PEREIRA, F. C. B. L. Liberação de nutrientes da palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 183-193, 2015.

MOMESSO, L.; CRUSCIOL, C. A.; SORATTO, R. P.; VYN, T. J.; TANAKA, K. S.; COSTA, C. H.; FERRARI NETO J.; CANTARELLA, H. Impacts of nitrogen management on no-till maize production following forage cover crops. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 2, p. 639-649, 2019.

MOREIRA, A.; MOTTA, A. C. V.; COSTA, A.; MUNIZ, A. S.; CASSOL, L. C.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; BATISTA, M. A.; MÜLLER, M. M. L.; HAGER, N.; PAULETTI, V. (Ed.). **Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná**. Curitiba: SBCS, Núcleo Estadual do Paraná, 2017. 482 p.

Análise *in silico* de genes para ganho em teor e qualidade proteica em semente de soja

MARIN, D. R.¹; SOUZA, E. M. G.¹, MOLINARI, M. D. C.²; MARIN, S. R. R.³; NEPOMUCENO, A. L.⁴; MERTZ-HENNING, L. M.⁴

¹Unifil, Centro Universitário Filadelfia, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR, dani.rockenbachmarin@gmail.com; ²Pós-doutoranda, Embrapa Soja; ³Analista, Embrapa Soja; ⁴Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

A grande importância da soja está relacionada com sua composição, principalmente em relação ao teor de proteína (38% - 42%) e óleo (18% - 22%) que proporciona uso na alimentação humana e animal, e aplicação na indústria farmacêutica, indústria química e para produção de biocombustível (Patil et al., 2018). Não somente a quantidade, mas também a qualidade da proteína é crítica para o uso na alimentação animal, e a composição de aminoácidos na proteína está entre os principais fatores que determinam a qualidade da soja. A proteína de soja possui uma proporção adequada dos aminoácidos essenciais para alimentação humana e animal, com exceção dos aminoácidos sulfurados metionina e cisteína (Zhang et al., 2018), dessa forma, o aumento destes aminoácidos na proteína pode promover melhor qualidade nutricional.

O melhoramento genético para teor e composição da proteína é desafiador, pois a composição química da semente é influenciada por fatores como ambiente e genótipo (Kim et al., 2016), e por essas características serem controladas por diversos genes (Patil et al., 2017). Numerosos estudos mapearam principalmente no cromossomo 20 diversos QTLs associados a composição e teor de proteína na semente de soja (Van; McHale, 2017), porém poucos fizeram a caracterização desses QTLs. A caracterização *in silico* de genes relacionados com o acúmulo e a composição da proteína possibilitam a prospecção de candidatos mais promissores para uso em estratégias biotecnológicas para melhoria dessas características. Assim, esse trabalho tem como objetivo a análise *in silico* de genes presentes no QTL mPCM20-3, envolvido no aumento de quantidade proteica e de aminoácidos sulfurados (metionina e cisteína) em grãos de soja, visando selecionar alvos para edição genômica.

Materiais e Métodos

A partir do trabalho de Van e McHale (2017), foram selecionados cinco genes (Glyma.20G121200; Glyma.20G121300; Glyma.20G122300; Glyma.20G122400; Glyma.20G122500) presentes no QTL mPCM20-3 (identificado no cromossomo 20 de soja). As sequências proteicas dos genes e seus respectivos transcritos foram recuperados a partir do banco de dados Phytozome¹. Em seguida, foi realizada a busca por genes ortólogos em espécie modelo para dicotiledônea (*Arabidopsis thaliana* – genoma TAIR10) e cópias no genoma da soja (Wm82.a4.v1) a partir da ferramenta BlastN do genome browser Persephone². O alinhamento de sequências proteicas foi realizado no software Muscle³ e Jalview V2 (Waterhouse et al., 2009). A predição do sítio de localização subcelular foi realizado a partir do software TargetP (Emanuelsson et al., 2007) para identificação do local de ação do gene. A árvore filogenética foi obtida a partir do software ITol⁴. A identificação da via metabólica foi obtida a partir do banco KEGG pathways⁵. Os domínios proteicos conservados foram identificados através do software MotifScan⁶ via banco de dados de famílias gênicas pfam, utilizando alinhamentos múltiplos locais e globais HMMs (*Hidden Markov Models*). As expressões e *heatmap* em sementes de soja foram obtidas em transcritos por milhão-TPM do banco de dados transcriptômicos de soja Soybean Expression Atlas⁷ (Machado et al., 2020).

Resultados e Discussão

Todos os genes selecionados apresentam ortólogos na espécie modelo para dicotiledôneas, *Arabidopsis thaliana*. O gene com maior similaridade proteica com *Arabidopsis* foi o Glyma.20G122500 com 87% e o de menor simi-

¹ <https://phytozome.jgi.doe.gov/pz/portal.html>

² <https://persephonesoft.com/>

³ <https://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/muscle/>

⁴ <https://itol.embl.de/upload.cgi>

⁵ <https://www.genome.jp/kegg/pathway.html>

⁶ https://myhits.sib.swiss/cgi-bin/motif_scan

⁷ http://venanciogroup.uenf.br/cgi-bin/gmax_atlas/index.cgi

laridade foi o Glyma.20G122300 com 53%. Somente o Glyma.20G122300 está presente em cópia única, os demais Glymas apresentam-se em cópia duplicada no cromossomo 10. A similaridade entre cópias foi $\geq 93\%$. Todos os cinco genes encontram-se em tandem no cromossomo 20 entre as posições 36.300.000 a 36.600.000 cM, bem como suas cópias no cromossomo 10 que também se encontram posicionados em tandem entre as posições 49.100.000 a 49.300.000 cM (Tabela 1).

Os genes Glyma.20G121200 e Glyma.20G121300 codificam para uma enzima Diacilglicerol difosfato fosfatase (E.C.3.1.3.4) que atua no metabolismo de Glicerolípideo, Glicerofosfolípideo, éter lipídico e esfingolípideo. Os genes Glyma.20G122300 e Glyma.20G122400 codificam para uma enzima Procolágeno-lisina 5-dioxigenase (E.C.1.14.11.4) que atua na degradação de lisina. Por fim, o gene Glyma.20G122500 codifica para uma enzima Frutose-bifosfato aldolase (E.C.4.1.2.13) que atua na via de pentose fosfato, glicólise e gluconeogenese, além de atuar também no metabolismo da frutose e manose e na fixação de carbono.

Ao comparar as sequências proteicas entre as espécies foi possível observar que para os genes codificadores da enzima Diacilglicerol difosfato fosfatase e Procolágeno-lisina 5-dioxigenase, não foi detectada a presença de peptídeo sinal, o que indica que as proteínas têm atuação permanente no citosol (Figura 1A e 1 C). Já a enzima Frutose-bifosfato aldolase apresentou 98% de probabilidade de atuar no cloroplasto. O peptídeo de transferência cloroplasmática foi observado na posição 30pb em ambas as espécies (Figura 1B).

Tabela 1. Anotação funcional dos genes em *Arabidopsis thaliana* e soja. A porcentagem de similaridade (%S) refere-se à propriedade química similar entre as proteínas. Legenda: E.C. (*enzyme code*): classificação número enzimática. TT: tamanho do transcrito. *Start* e *Stop*: posição inicial e final no genoma respectivamente. NT: Número de transcritos alternativos. NE: Número de exons. Chr: cromossomo.

Genes presentes no QTL mPCM20-3 -Chr 20 - correlacionado positivamente a quantidade de proteína e aminoácidos sulfurados (cisteína + metionina)													
Gene ID	Cópias	%S	NT	NE	start	stop	Anotação funcional	E.C.	Ortólogo	%S	NT	NE	
Glyma.20G121200	Glyma.10G270100	93	2	8	36.384.081	36.391.030	Diacylglycerol difosfato fosfatase	3.1.3.4	AT2G01180	64	2	2 e 1	
Glyma.20G121300	Glyma.10G270000	98	2	7	36.395.415	36.400.718	Diacylglycerol difosfato fosfatase	3.1.3.4	AT1G15080	76	1	7	
Glyma.20G122300				4	9/8/6.16	36.506.583	36.511.326	Procollagen-lysine 5-dioxygenase	1.14.11.4	AT3G18210	53	2	9
Glyma.20G122400	Glyma.10G268600	97	1	9	36.516.501	36.521.436	Procollagen-lysine 5-dioxygenase	1.14.11.4	AT3G18210	59	2	9	
Glyma.20G122500	Glyma.10G26850	99	1	6	36.524.182	36.526.957	Fructose-bisphosphate aldolase	4.1.2.13	AT2G01140	87	1	4	

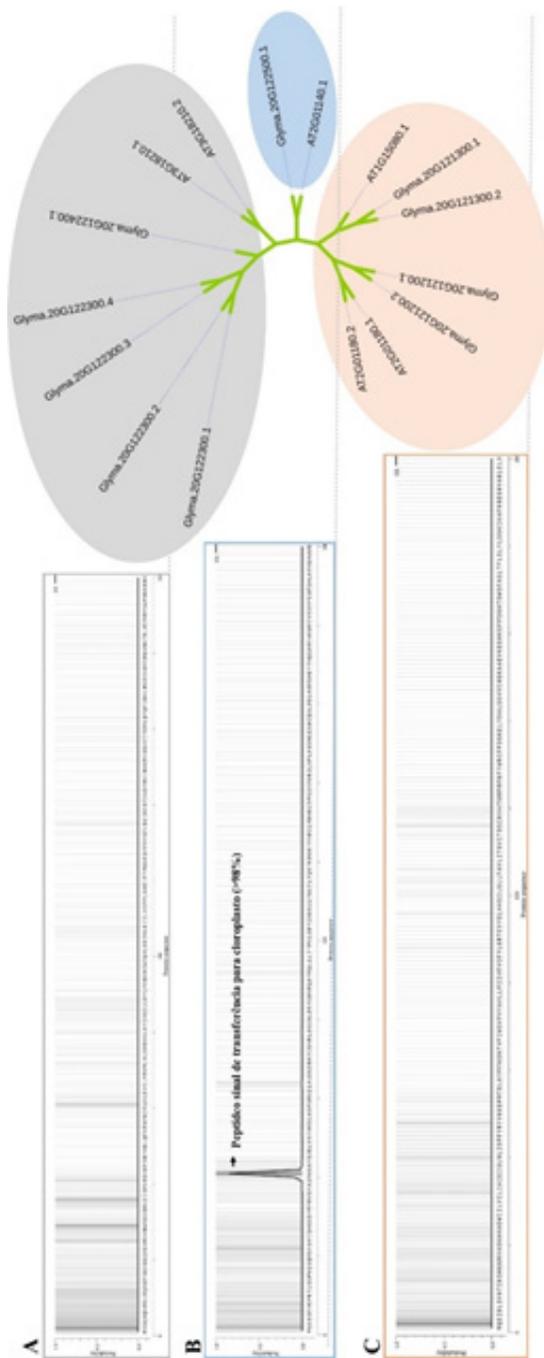


Figura 1. Identificação do sítio de localização subcelular nas proteínas dos cinco genes de soja e seus respectivos ortólogos em *Arabidopsis*. **A.** Genes codificadores para enzima Diacilglicerol difosfato fosfatase (E.C.3.1.3.4). **B.** Gene codificador para enzima Fructose-bisphosphate aldolase (E.C. 4.1.2.13). **C.** Genes codificadores para enzima Procollagen-lysine 5-dioxygenase (E.C. 1.14.11.4).

A análise de domínio proteico (Figura 2) revelou que todos os genes, transcritos e ortólogos que codificam para Diacilglicerol difosfato fosfatase apresentam um domínio PAP2 entre as posições 120 a 280 em soja e 100 a 260 em *Arabidopsis*. Os genes que codificam para Procollagen-lysine 5-dioxygenase apresentaram domínios 2OG-Fell_Oxy apenas no gene Glyma.20G122400 de soja e no ortólogo em *Arabidopsis*. No Glyma.20G122300 não há presença de domínio ativo, pois a região entre as posições 280 a 340 do domínio sofreu fortes alterações físico-químicas e de identidade em todos os transcritos, podendo ser este um indicativo de que este gene não seja funcional. Para os outros o domínio encontra-se entre as posições 240-340 em soja e 260 a 340 em *Arabidopsis*. Já o gene Glyma.20G122500 que codifica para a enzima Fructose-bisphosphate aldolase foi identificado o domínio Glicolítico na posição 40 a 380 em soja e *Arabidopsis*. A similaridade proteica entre as espécies foi de 87%.

O *heatmap* mostra as médias de expressões em semente dentro de cada bioensaio (SAMN) avaliado, altas expressões estão representadas na barra em azul e baixas expressões em amarelo. A média das expressões dos 158 bioensaios estão representados no gráfico de barras. Os genes Glyma.20G122500 e sua cópia Glyma.10G26850 apresentam as maiores expressões em sementes. Estes codificam para a enzima Fructose-bisphosphate aldolase. Entre os genes que codificam para a enzima Diacilglicerol difosfato fosfatase os genes Glyma.20G121300 e sua cópia Glyma.10G270000 são os mais expressos em sementes quando comparados aos genes Glyma.20G121200 e sua cópia Glyma.10G270100 (Figura 3). Por fim, todos os genes que codificam para a enzima Procollagen-lysine 5-dioxygenase apresentam altas expressões em sementes (Glyma.20G122300; Glyma.20G122400; Glyma.10G268600) (Figura 3).

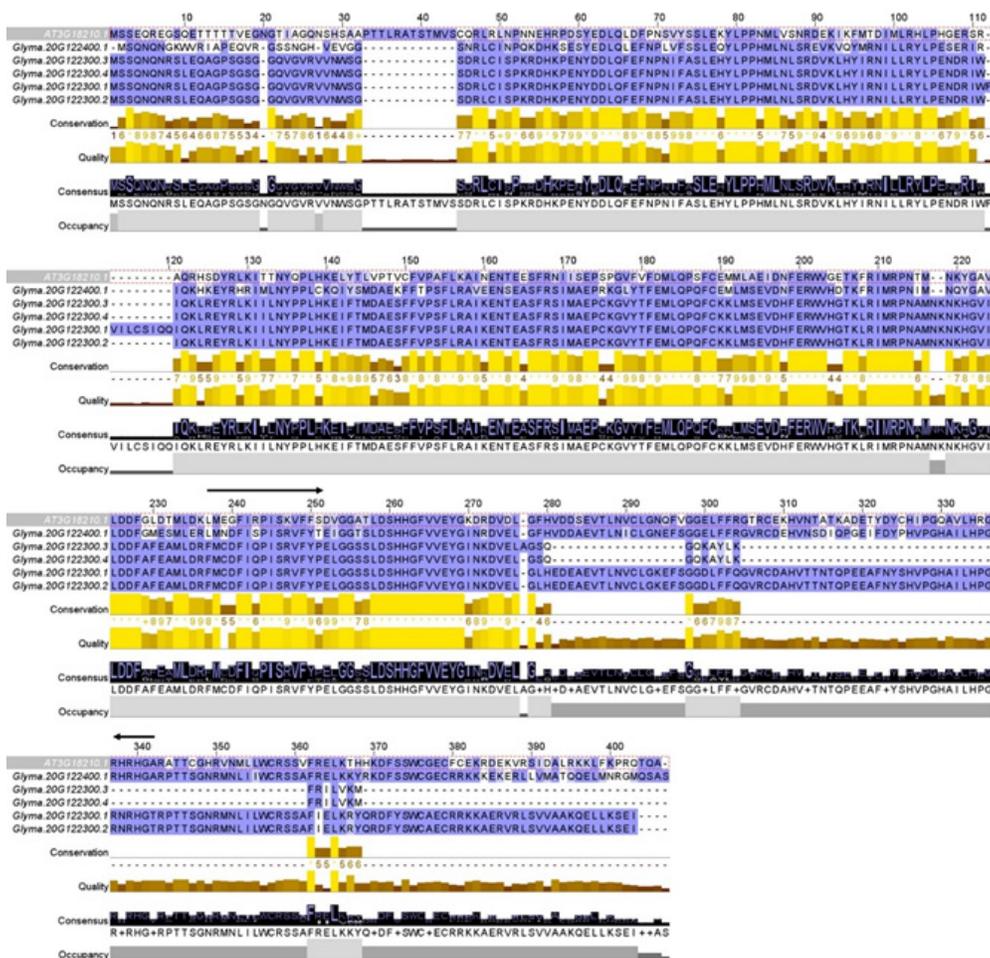


Figura 2. Alinhamento das sequências proteicas dos genes codificadores da enzima Procollagen-lysine 5-dioxygenase (E.C. 1.14.11.4). Em vermelho estão representadas regiões com mutações não sinônimas. Setas em preto representam a posição do domínio ativo 20G-Fell_Oxy. Os resíduos conservados são destacados (azul:> 80% de concordância; amarelo:> 60% de concordância; azul claro:> 40% de concordância; apenas os resíduos que concordam com o resíduo de consenso para cada coluna são coloridos). O histograma de anotação de conservação abaixo do alinhamento reflete a conservação das propriedades físico-químicas e marca os resíduos absolutamente conservados (pontuação 11) com um asterisco (*) e colunas onde as propriedades físico-químicas são conservadas (pontuação 10) com um (+) amarelo; posições menos conservadas são mostradas em cores mais escuras com pontuação decrescente.

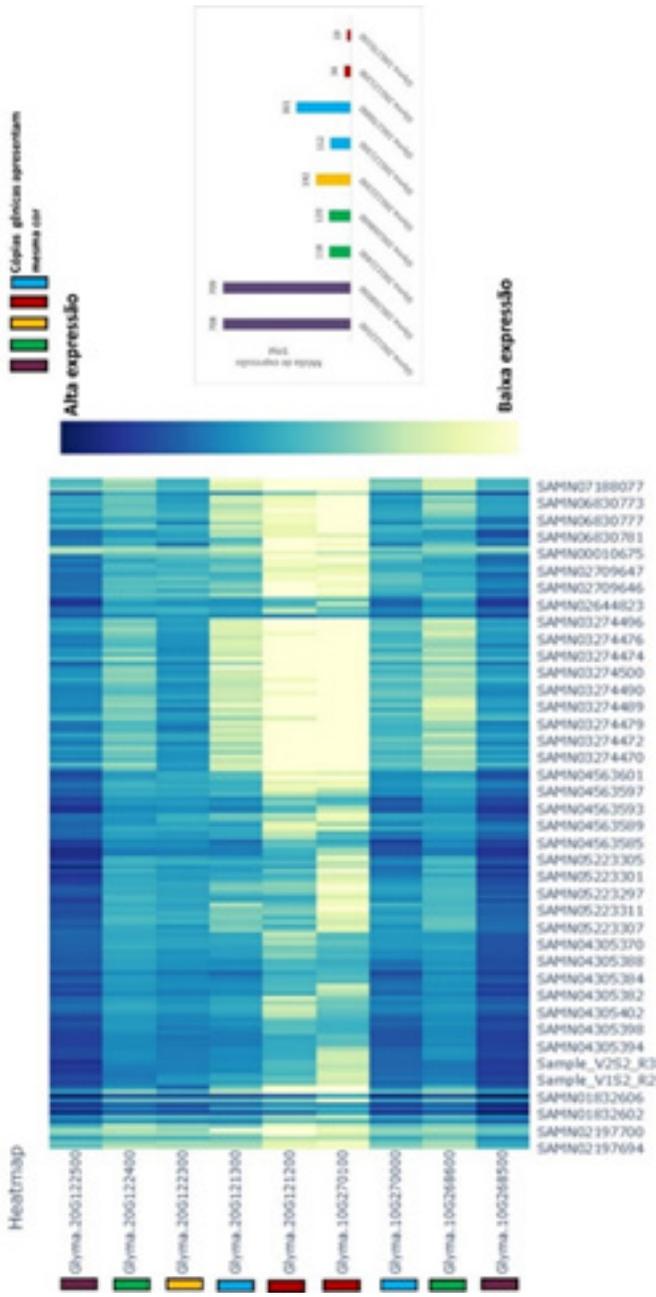


Figura 3. Heatmap contendo as expressões em transcritos por milhão-TPM dos cinco genes em 158 bioensaios de sementes obtidos a partir do banco de dados Soybean Expression Atlas (Machado et al., 2020). O gráfico de barras representa as médias em TPM dos 158 ensaios avaliados.

Conclusão

Os genes que codificam para as enzimas Diacilglicerol difosfato fosfatase e Procollagen-lysine 5-dioxygenase atuam no citoplasma enquanto o gene que codifica para enzima Fructose-bisphosphate aldolase atua no cloroplasto.

Embora o gene Glyma.20G122300 apresente alta expressão, não apresenta domínio ativo; já os Glymas.20G121200 e Glyma.10G270100 apresentam domínios ativos, porém suas expressões são menores.

Entre os genes com alta expressão em sementes para ambas as cópias e domínios ativos estão o Glyma.20G122400 (Procollagen-lysine 5-dioxygenase) e o Glyma.20G122500 Fructose-bisphosphate aldolase, podendo ser alvos interessantes para edição genômica a fim de aumentar quantidade e qualidade da proteína.

Referências

EMANUELSSON, O.; BRUNAK, S.; VON HEIJNE, G.; NIELSEN, H. Locating proteins in the cell using TargetP, SignalP and related tools. **Nature Protocols**, v. 2, n. 4, p. 953-971, 2007.

KIM, M.; SCHULTZ, S.; NELSON, R. L.; DIERS, B. W. Identification and fine mapping of a soybean seed protein QTL from PI 407788A on chromosome 15. **Crop Science**, v. 56, n. 1, p. 219-225, 2016.

MACHADO, F. B.; MOHARANA, K. C.; ALMEIDA-SILVA, F.; GAZARA, R. K.; PEDROSA-SILVA, F.; COELHO, F. S.; GRATIVOL, C.; VENANCIO, T. M. Systematic analysis of 1298 RNA-Seq samples and construction of a comprehensive soybean (*Glycine max*) expression atlas. **The Plant Journal**, v. 103, n. 5, p. 1894-1909, 2020.

PATIL, G.; MIAN, R.; VUONG, T.; PANTALONE, V.; SONG, Q.; CHEN, P.; SHANNON, G. J.; CARTER, T. C.; NGUYEN, H. T. Molecular mapping and genomics of soybean seed protein: a review and perspective for the future. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 130, n. 10, p. 1975-1991, 2017.

PATIL, G.; VUONG, T. D.; KALE, S.; VALLIYODAN, B.; DESHMUKH, R.; ZHU, C.; WU, X.; BAI, Y.; YUNGBLUTH, D.; LU, F.; KUMPATLA, S.; SHANNON, J. G.; VARSHNEY, R. K.; NGUYEN, H. T. Dissecting genomic hotspots underlying seed protein, oil, and sucrose content in an interspecific mapping population of soybean using high-density linkage mapping. **Plant Biotechnology Journal**, v. 16, n. 11, p. 1939-1953, 2018.

VAN, K.; McHALE, L. K. Meta-analyses of QTLs associated with protein and oil contents and compositions in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] seed. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 18, n. 6, 1180, 2017. 21 p.

WATERHOUSE, A. M.; PROCTER, J. B.; MARTIN, D. M.; CLAMP, M.; BARTON, G. J. Jalview Version 2—a multiple sequence alignment editor and analysis workbench. **Bioinformatics**, v. 25, n. 9, p. 1189-1191, 2009.

ZHANG, J.; WANG, X.; LU, Y.; BHUSA, S. J.; SONG, Q.; CREGAN, P. B.; YEN, Y.; BROWN, M.; JIANG, G. L. Genome-wide scan for seed composition provides insights into soybean quality improvement and the impacts of domestication and breeding. **Molecular Plant**, v. 11, n. 3, p. 460-472, 2018.

Análise *in silico* da família PF00257 em soja visando identificar genes candidatos para tolerância à seca via edição gênica

SOUZA, E. M. G.¹; MARIN, D. R.¹; MOLINARI, M. D. C.²; MARIN, S. R. R.³; MERTZ-HENNING, L. M.⁴; NEPOMUCENO, A. L.⁴

¹Unifil, Centro Universitário Filadelfia, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR, enya.souza07@gmail.com; ²Pós-doutoranda, Embrapa Soja; ³Analista, Embrapa Soja; ⁴Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

A soja é uma cultura de grande importância mundial. É utilizada em vários setores da agroindústria, desde a fabricação de ração animal até a produção de combustíveis renováveis (Aprosoja, c2018). A cadeia produtiva da soja movimentava bilhões de dólares no Agronegócio impactando fortemente no PIB mundial (Franceschini et al., 2017). Contudo, a soja é uma cultura fortemente afetada por fatores bióticos e abióticos como a seca que pode gerar perdas significativas na lavoura. Entre os anos 1976/77 e 2013/14 o Brasil deixou de ganhar US\$ 79,62 bilhões devido a perdas de produção ocasionadas especialmente pela seca (Ferreira, 2016). Cabe ressaltar que cenários climatológicos futuros preveem o aumento de episódios de seca (IPCC, c2011). Diante deste quadro, é importante que sejam desenvolvidas estratégias biotecnológicas que permitam mitigar as perdas causadas pela seca, entre elas o desenvolvimento de cultivares mais tolerantes a esta condição ambiental adversa. Quando a soja é submetida a seca, inicia-se uma cascata gênica regulatória que desencadeia respostas a nível fisiológico e bioquímico, por meio da ativação ou inativação de genes após a percepção do estresse pela planta (Shinozaki; Yamaguchi-Shinozaki, 2007). As vias moleculares mais conhecidas de resposta à seca são divididas em dependentes do ácido abscísico (ABA) e independentes de ABA (Shinozaki; Yamaguchi-Shinozaki, 2007). Em ambas as rotas inúmeros genes atuam em resposta ao déficit hídrico e entre eles estão genes da família PF00257 (Desidrina), que atuam como osmoprotetores (Yamasaki et al., 2013).

Diante deste quadro, esse trabalho tem como objetivo a análise *in silico* dos genes pertencentes à família PF0027 em soja, visando identificar genes candidatos a melhorar a tolerância à seca em soja via edição gênica.

Materiais e Métodos

A partir de análises transcritômicas de soja tolerante (E48) e sensível (BR16) ao déficit hídrico, foi selecionado o gene Glyma.09G185500 (Desidrina) que apresentou altas expressões em ambas as cultivares em folhas e raízes sob déficit hídrico. As expressões foram resgatadas a partir dos dados brutos depositados no banco de dados NCBI (bioprojeto PRJNA615913). As expressões em transcritos por milhão (TPM) em todos os tecidos de soja sob condição controle (irrigada) foram obtidas a partir do banco de dados transcritômicos de soja¹.

A identificação dos membros pertencentes à família gênica ao qual o Glyma.09G185500 faz parte, foi realizada a partir do arquivo de anotação do genoma da soja versão Wm82.a2.v1 e W82.a4.v1². Somente os genes presentes nas duas versões foram selecionados, a fim de eliminar possíveis erros de anotação.

Para identificação de ortólogos em espécie modelo para dicotiledôneas, *Arabidopsis thaliana* e identificação de cópias e parálogos em soja foi realizado um BlastP através do *genome browser* Persephone³. A identificação de peptídeo de transferência subcelular foi obtida a partir do software TargetP⁴, com objetivo de verificar o local de ação dos genes. O alinhamento de sequências proteicas para desenho do dendograma foi realizada através do software Muscle⁵ e ItoI⁶ e logo do motivo ABRE e segmento K, foi obtido a

¹ http://venanciogroup.uenf.br/cgi-bin/gmax_atlas/index.cgi

² <https://phytozome.jgi.doe.gov/pz/portal.html>

³ <https://web.persephonesoft.com/>

⁴ <http://www.cbs.dtu.dk/services/TargetP/>

⁵ <https://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/muscle/>

⁶ <https://itol.embl.de/tree>

partir do software Weblogo⁷. A identificação de domínios ativos foi realizada no software MotifScan⁸.

A análise de região promotora foi feita a partir do software RSATplant⁹, a partir do qual foram contabilizados os números de motivos ABRE (ACGT), responsáveis ao ácido abscísico-ABA, entre as regiões -1 a -2000pb do sítio de início da transcrição-TSS (Maruyama et al., 2012).

Resultados e Discussão

Foi observado, a partir dos dados de expressão de folhas e raízes de soja sob seca (bioprojeto PRJNA615913), que o Glyma.09G185500 apresentou aumento nos níveis de expressão *in silico* tanto em folhas quanto em raízes das duas cultivares de soja avaliadas (sensível e tolerante). Em folhas, a expressão foi 12X superior sob seca para ambas as cultivares, enquanto em raízes a expressão foi 6X superior quando comparado a condição controle (irrigada) (Figura 1A).

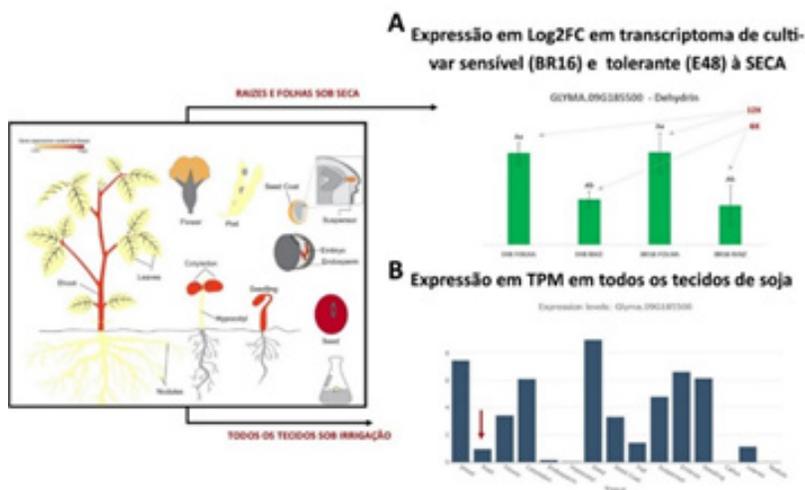


Figura 1. Expressão em transcritos por milhão (TPM) e log2FC do Glyma.09G18550, em transcriptoma de folhas e raízes de soja sob seca (A) e em todos os tecidos de soja, condição controle (B).

⁷ <https://weblogo.berkeley.edu/logo.cgi>

⁸ https://myhits.sib.swiss/cgi-bin/motif_scan

⁹ <http://rsat.sb-roscoff.fr/>

Estes dados sugerem um papel importante do gene à nível de espécie pois foi up-regulado igualmente tanto na cultivar sensível quanto na tolerante. O Glyma.09G185500 pertence à família gênica PF00257 composta por genes codificadores de desidrinas. Um total de 9 genes pertencentes a família PF00257 foram identificadas em soja (Glyma.04G009900; Glyma.08G048900; Glyma.16G038000; Glyma.07G090400; Glyma.17G187600; Glyma.12G235800; Glyma.04G009400; Glyma.09G185500; Glyma.13G201300) (Figura 2A). As desidrinas atuam na proteção de membranas lipídicas celulares conferindo atividade protetora. Em arroz foi observado que a superexpressão da desidrina 1 (DHN1) aumentou a tolerância à seca e eliminou espécies reativas de oxigênio (Kumar et al., 2014). A superexpressão da desidrina 5 (DHN5) de milho em *Arabidopsis* também aumentou a tolerância à seca através do ajuste osmótico, além disso mostrou-se responsiva ao ABA (Brini et al., 2007). Em tomate a superexpressão da desidrina ShDhN aumentou a tolerância à seca através do acúmulo de antioxidantes (Liu et al., 2015).

Em *Arabidopsis thaliana*, o gene de desidrina DHNA e DHNC de musgo *Physcomitrella patens*, aumentou a tolerância à seca, além de melhorar a estabilidade de membranas, enzimas e nucleotídeos (Li et al., 2017). Nesse mesmo estudo, foi observado que as plantas transgênicas apresentaram maior capacidade de eliminar espécies reativas de oxigênio-ROS. Em tabaco, a superexpressão de desidrina de *Prunus mume* PmDHN também aumentou a tolerância à seca (Bao et al., 2017). Em soja, dados de proteoma mostram que variedades mais tolerantes a seca apresentam maiores níveis de desidrinas comparadas a cultivares sensíveis (Arumingtyas; Savitri, 2013).

Após observar que o gene de desidrina apresenta papel responsivo a seca, foi verificado se de fato, o Glyma.09G185500 era o membro da família mais importante em folhas e raízes de soja. A Figura 1 demonstra que embora a expressão tenha aumentado em folhas e raízes de soja (Figura 1A), o Glyma.09G185500 apresenta maior expressão em sementes, caule, cotilédone e plântulas em desenvolvimento (Figura 1B). Diante deste resultado, a expressão de todos os membros da família PF00257 foi obtida com objetivo de identificar qual dos genes desempenham papel mais expressivo em folhas e raízes de soja (Figura 2B). Foram encontrados um total de 9 genes pertencentes a família PF00257 em soja (Tabela 1). Em *Arabidopsis thaliana*

Os nove genes pertencentes à família PF00257 estão distribuídos em 8 cromossomos (4; 7; 8; 9; 12; 13; 16; 17). Todos em cópia única, sendo 6 (Glyma.17G187600; Glyma.13G201300; Glyma.12G235800; Glyma.09G185500; Glyma.07G090400; Glyma.04G009400) ABA responsivos e 3 não (Glyma.16G038000; Glyma.08G048900; Glyma.04G009900) (Tabela 1). Segundo Maruyama et al. (2012) somente genes que apresentam dois ou mais motivos ABRE em seus promotores são responsivos ao ABA. Pois para que a resposta induzida por ABA seja efetiva no mínimo dois elementos são requeridos para anelamento a sequência proteica, seja pelo ABA ou fatores de transcrição como AREB (Maruyama et al., 2012).

Ao comparar as sequências proteicas dos nove membros da família PF00257 com seus respectivos ortólogos, foi possível observar a formação de 3 clusters (Figura 2A). Cada cluster evidencia a similaridade dos genes de soja com seus respectivos ortólogos e parálogos mais próximos. Ao avaliar a expressão em TPM de 99 bioensaios provenientes de 33 bioprojetos de raízes, as desidrinas codificadas pelos genes Glyma.17G187600 e Glyma.04G009400 se mostraram mais expressas (Figura 2B) comparadas ao restante dos genes da família. Em folhas, a partir da análise de 601 bioensaios provenientes de 41 bioprojetos, os mesmos genes se destacaram. O gene Glyma.09G185500 observado nas bibliotecas de RNA-Seq de cultivares contrastantes em resposta a seca, também apresentou contagens significativas em ambos os tecidos, porém inferior aos Glyma.17G187600 e Glyma.04G009400 (Figura 2B).

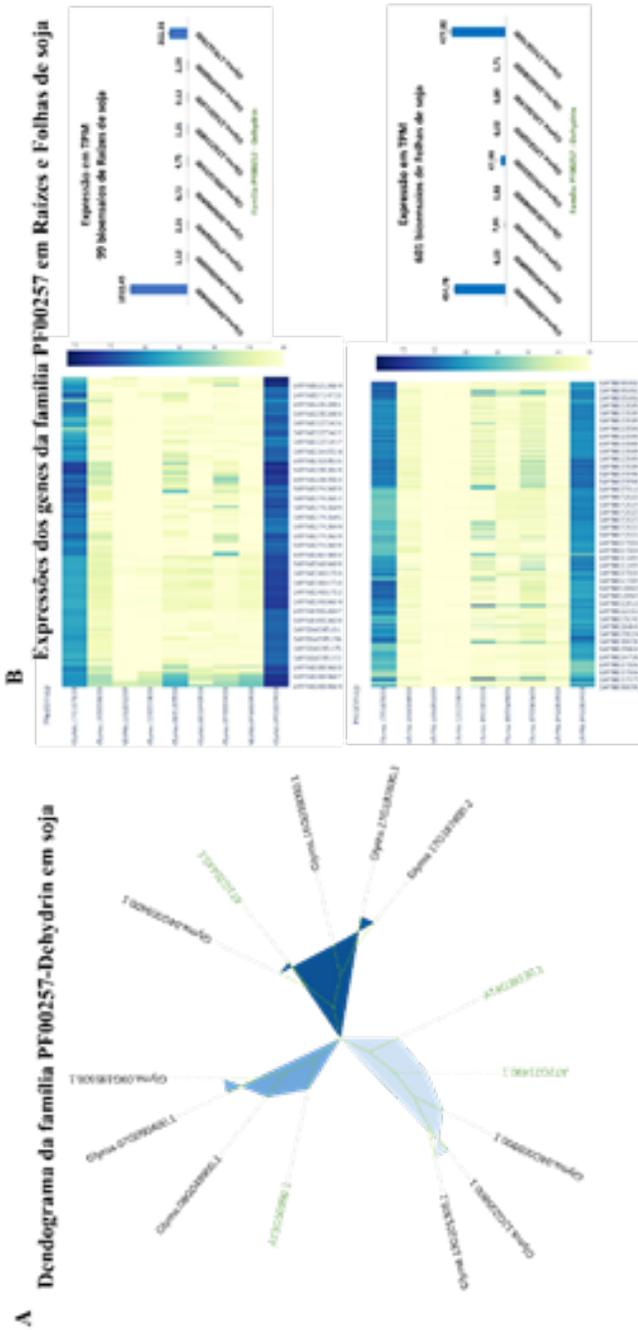


Figura 2. Análise de similaridade proteica entre os 9 membros da família PF00257 em soja. A. Dendrograma formando 3 clados, representados em tons diferentes de azul. Em verde estão os 4 ortólogos em *Arabidopsis* e em preto os 9 genes de soja. B. Expressões de todos os membros da família em soja. Os *heatmap*s representam as expressões em 99 bioensaios de raiz e 691 bioensaios de folha. O gráfico de barra representa média das expressões entre os bioensaios. A barra representa o erro padrão entre as amostras.

Para identificar o local de ação dos genes foi realizada a busca por peptídeo sinal de transferência subcelular nas sequências de proteínas de todos os genes. Nenhum dos genes avaliados apresentaram peptídeo sinal para transporte, indicando sua atividade no citoplasma da célula da planta (Figura 3).

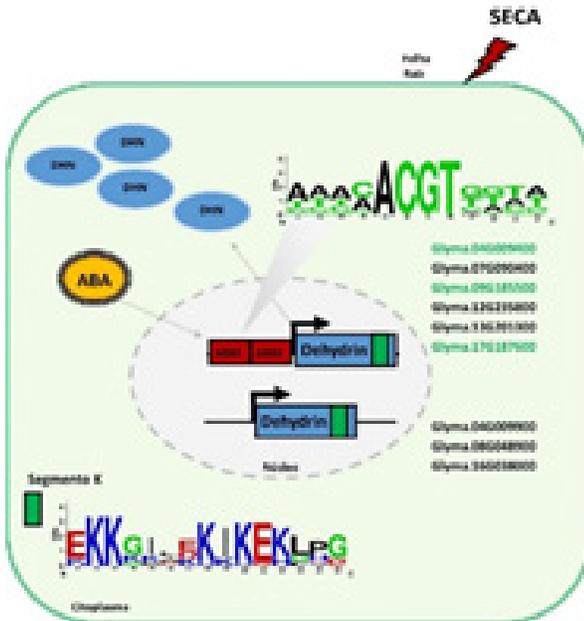


Figura 3. Esquema da atuação do ácido abscísico-ABA nos membros da família PF00257. O weblogo representa o domínio conservado ABRE, responsivo ao ABA (Saruhan-Güler; Terzi, 2020, adaptado). Em verde estão representados os genes da família mais expressos em folhas e raízes de soja.

O alinhamento proteico mostrou a presença de um domínio altamente conservados entre soja e *Arabidopsis* na região 290 a 305 das proteínas avaliadas (Figura 3). Esse domínio é um seguimento rico em lisina denominado K. Segundo Malik et al. (2017), as famílias de proteínas de desidrina contêm três domínios conservados, denominados segmentos K, Y e S. Entre os segmentos conservados, um resíduo rico em lisina denominado K é prevalente em todas as desidrinas. Nas angiospermas, a sequência comum do segmento K é EKKGIMDKIKEKLPG. O segmento K geralmente está localizado próximo ao C-terminal e participa da formação de uma classe de α -hélice anfipática A2 (Hughes; Graether, 2011). Esse segmento pode interagir com membranas ou proteínas para modular suas propriedades (Hughes; Graether, 2011). Em um estudo de superexpressão da desidrina 13 de milho foi observado que o seguimento K presente nesta proteína foi fundamental para sua atividade

responsiva e cooperativa com outros segmentos presentes na proteína desse gene para que ela pudesse aumentar a tolerância ao estresse oxidativo em tabaco (Liu et al., 2017).

Conclusão

Foram identificados 9 genes pertencentes a família PF00257 em soja e 9 em *Arabidopsis*, porém apenas 5 genes de soja apresentam ortólogos em *Arabidopsis*.

Todos os genes atuam no citoplasma, sendo 6 responsivos ao ABA por apresentarem 2 ou mais motivos ABRE em suas regiões promotoras, e 3 não responsivos ao ABA.

Todas as proteínas apresentaram domínio K conservado entre as espécies, sendo todas ativas no citoplasma das células.

Os alvos mais promissores para folhas e raízes de soja foram os Glyma.17G187600, Glyma.04G009400 e Glyma.09G185500 por apresentarem altas expressões nesses tecidos.

Referências

APROSOJA BRASIL - Associação Brasileira dos Produtores de Soja. **A soja**. c2018. Disponível em: <https://aprosojabrasil.com.br/a-soja/>. Acesso em: 21 jun. 2021.

ARUMINGTYAS, E. L.; SAVITRI, E. S. Protein profiles and dehydrin accumulation in some soybean varieties (*Glycine max* L. Merr) in drought stress conditions. **American Journal of Plant Sciences**, v. 4, p. 134-141, 2013.

BAO, F.; DU, D.; AN, Y.; YANG, W.; WANG, J.; CHENG, T.; ZHANG, Q. Overexpression of *Prunus mume* dehydrin genes in tobacco enhances tolerance to cold and drought. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, article 151, 2017. 12 p.

BRINI, F.; HANIN, M.; LUMBRERAS, V.; AMARA, I.; KHOUDI, H.; HASSAIRI, A.; PAGÈS, M.; MASMOUDI, K. Overexpression of wheat dehydrin DHN-5 enhances tolerance to salt and osmotic stress in *Arabidopsis thaliana*. **Plant cell reports**, v. 26, n. 11, p. 2017-2026, 2007.

FERREIRA, R. C. **Quantificação das perdas por seca na cultura da soja no Brasil**. 2016. 98 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

FRANCESCHINI, A.; FRANCESCO, F. de; BARNE, G. C.; FERREIRA, J. P. B.; ZUPELLI, N. de M. **Cadeia global de valor: setor agronegócio: soja**. São Paulo: ESPM, 2017. 37 p. Disponível em: <https://ri.espm.br/wp-content/uploads/2018/08/Setor-da-soja-1.pdf>. Acesso: 21 jun. 2021.

HUGHES, S.; GRAETHER, S. P. Cryoprotective mechanism of a small intrinsically disordered dehydrin protein. **Protein Science**, v. 20, n. 1, p. 42-50, 2011.

IPCC - Painel intergovernamental sobre mudanças climáticas. **Mudanças Climáticas**. c2011. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2011/11/painel-intergovernamental-sobre-mudancas-climaticas-ipcc>. Acesso em: 21 jun. 2021.

KUMAR, M.; LEE, S. C.; KIM, J. Y.; KIM, S. J.; AYE, S. S.; KIM, S. R. Over-expression of dehydrin gene, OsDhn1, improves drought and salt stress tolerance through scavenging of reactive oxygen species in rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Plant Biology**, v. 57, n. 6, p. 383-393, 2014.

LI, Q.; ZHANG, X.; LV, Q.; ZHU, D.; QIU, T.; XU, Y.; BAO, F.; HE, Y.; HU, Y. *Physcomitrella patens* dehydrins (PpDHNA and PpDHNC) confer salinity and drought tolerance to transgenic *Arabidopsis* plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, article 1316, 2017. 15 p.

LIU, H.; YU, C.; LI, H.; OUYANG, B.; WANG, T.; ZHANG, J.; WANG, X.; YE, Z. Overexpression of ShDHN, a dehydrin gene from *Solanum habrochaites* enhances tolerance to multiple abiotic stresses in tomato. **Plant Science**, v. 231, p. 198-211, 2015.

LIU, Y.; WANG, L.; ZHANG, T.; YANG, X.; LI, D. Functional characterization of KS-type dehydrin ZmDHN13 and its related conserved domains under oxidative stress. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, article 7361, 2017. 10 p.

MALIK, A. A.; VELTRI, M.; BODDINGTON, K. F.; SINGH, K. K.; GRAETHER, S. P. Genome analysis of conserved dehydrin motifs in vascular plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, article 709, 2017. 18 p.

MARUYAMA, K.; TODAKA, D.; MIZOI, J.; YOSHIDA, T.; KIDOKORO, S.; MATSUKURA, S.; TAKASAKI, H.; SAKURAI, T.; YAMAMOTO, Y. Y.; YOSHIWARA, K.; KOJIMA, M.; SAKAKIBARA, H.; SHINOZAKI, K.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K. Identification of cis-acting promoter elements in cold-and dehydration-induced transcriptional pathways in *Arabidopsis*, rice, and soybean. **DNA Research**, v. 19, n. 1, p. 37-49, 2012.

SARUHAN-GÜLER, N.; TERZI, R. Dehydrins: an overview of current approaches and advancement. **Turkish Journal of Botany**, v. 44, n. 5, p. 481-492, 2020.

SHINOZAKI, K.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K. Gene networks involved in drought stress response and tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 2, p. 221-227, 2007.

YAMASAKI, Y.; KOEHLER, G.; BLACKLOCK, B. J.; RANDALL, S. K. Dehydrin expression in soybean. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 70, p. 213-220, 2013.

Aplicação de calcário e zinco no estado nutricional e componentes de produção do trigo

FRIZO, C. M.¹; FONTES, M. B.²; MOREIRA, A.^{3,4}; MORAES, L. A. C.³

¹UTFPR, Bolsista PIBIC/CNPq, crislainemf@hotmail.com; ²UNIFIL, Bolsista PIBIC/CNPq; ³Pesquisador, Embrapa Soja; ⁴Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

Introdução

Nas condições tropicais e subtropicais, a acidez do solo é um dos fatores mais limitantes para a obtenção de bons rendimentos em lavouras de trigo (*Triticum aestivum* L.), no entanto, com aplicação contínua de calcário pode diminuir a disponibilidade dos micronutrientes metálicos (Cu, Fe, Mn e Zn), cuja carência prejudica o desenvolvimento das plantas, reduz o sistema radicular e a parte aérea e diminui a absorção de nutrientes e água (Moreira; Fageria, 2010).

O zinco (Zn) é um elemento essencial para todos os organismos, estando envolvido em diversos processos metabólicos nas células (Malavolta, 2006; Marschner, 2012). Na planta desempenha importantes funções nas plantas, destacando-se a participação na síntese de proteína, formação de enzimas e integridade da parede celular. Também atua na síntese de triptofano, sendo precursor da formação do ácido indolilacético (AIA) e no desenvolvimento das partes florais (Moreira et al., 2018).

Nas áreas agrícolas com manejo intensificado da acidez do solo, pela aplicação contínua de calcário, pode ocorrer o acúmulo de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocáveis, associado com a redução da acidez do solo devido à reação dos carbonatos de Ca e Mg gerando íons OH⁻, aumentando o pH do solo e induzindo a deficiência de alguns micronutrientes, como o Zn (Moreira et al., 2003). Para agravar esse problema, também existem os efeitos interiônicos negativos no processo de absorção descritos com detalhes por Malavolta (2006), visto que o aumento das concentrações de Ca²⁺ e Mg²⁺ na solução do solo ocasionados da aplicação do calcário pode acarretar a diminuição da absorção de Zn²⁺ pelo efeito de inibição não competitiva (Moreira et al., 2003; Marschner, 2012).

Essa condição de desequilíbrio induzida pelo manejo da acidez é mais crítica em solos de baixa CTC e reduzido poder tampão. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de níveis de acidez do solo combinados com doses de Zn aplicados em um Neossolo Quartzarênico distrófico sobre a produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e dos grãos e sobre o estado nutricional de Zn da cultura do trigo.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em condições de casa de vegetação localizada no município de Londrina (23°19'08" S e 51°11'37" O), estado do Paraná, Brasil. Utilizou-se um Neossolo Quartzarênico distrófico (NQd), coletado em área de pastagem no município de Osvaldo Cruz, estado de São Paulo, com os seguintes atributos químicos e físicos (Claessen, 1997): pH em $\text{CaCl}_2 = 4,6$, MOS = $9,5 \text{ g dm}^{-3}$, P = $1,6 \text{ mg dm}^{-3}$, $\text{K}^+ = 0,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $\text{Ca}^{2+} = 1,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $\text{Mg}^{2+} = 0,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $\text{S-SO}_4^{2-} = 2,0 \text{ mg dm}^{-3}$, $\text{Al}^{3+} = 0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $\text{H+Al} = 2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, CTC = $3,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, B = $0,2 \text{ mg dm}^{-3}$, Cu = $1,4 \text{ mg dm}^{-3}$, Fe = $12,1 \text{ mg dm}^{-3}$, Mn = $25,9 \text{ mg dm}^{-3}$, zinco (Zn) = $0,7 \text{ mg dm}^{-3}$, argila 59 g kg^{-1} e areia 915 g kg^{-1} .

Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 2×4 , e quatro repetições. Os tratamentos consistiram em duas doses de calcário equivalente a 0 e $5,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ (28% de CaO e 18% de MgO, p:p) e quatro doses de Zn (0, 5, 10 e 20 mg kg^{-1}). O experimento foi conduzido em vasos de barro de $3,0 \text{ dm}^3$ de capacidade de solo seco ao ar (TFSA) passado em peneira de 2,0 mm.

O calcário foi aplicado e homogeneizado com todo o solo dos vasos, a seguir umedecidos e incubados por 30 dias. Posteriormente foram feitas as adubações com P, K, S, B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo e Ni de acordo com Moreira e Fageria (2010) para experimentos conduzidos em condições de casa de vegetação. Os vasos foram irrigados diariamente para compensar as perdas por evapotranspiração e para manter o solo próximo de 70% do valor total de poros (Cassel; Nielsen, 1986). A cultivar utilizada foi a BRS Sabiá e foram semeadas dez sementes e após o desbaste deixadas três plantas uniformes por vaso.

Durante todo ciclo vegetativo foram coletadas as folhas senescentes para obtenção da produção de matéria seca total da parte aérea da planta (MSPA). No estágio 10.1 foi coletada a folha diagnóstico de cada tratamento para análise foliar de Zn. No final do ciclo foi quantificada a produção de grãos (PG).

Os resultados de MSPA, massa de grãos e do teor foliar de Zn das plantas foram submetidos aos testes de normalidade, e posteriormente realizada a análise de variância (ANOVA), teste F, regressão ($p \leq 0,05$), correlação e comparação de contraste entre médias pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Resultados e Discussão

A produção de grãos (PG), teor foliar de Zn e produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) do trigo apresentaram interação significativa para a aplicação de calcário e doses de Zn, indicando respostas distintas para cada nível de acidez e disponibilidade de Zn (Tabela 1). A PG na ausência de calcário variou de 6,2 a 12,6 g por vaso, com a produção máxima estimada (PME) obtida com a dose 11,4 mg kg⁻¹ de Zn ($\hat{y} = 6,050 + 0,937x - 0,041x^2$, $R^2 = 0,98$, $p \leq 0,05$) e de 8,7 a 11,2 g por vaso com PME na dose 12,1 mg kg⁻¹ de Zn ($\hat{y} = 8,496 + 0,556x - 0,023x^2$, $R^2 = 0,92$, $p \leq 0,05$), quando o calcário foi aplicado. Observou-se também que na ausência de calcário resultou em produções inferiores ao tratamento com aplicação do equivalente a 5,0 Mg ha⁻¹ de calcário, cujo incremento médio foi de 18,2%. A análise do conjunto integral de dados demonstrou uma correlação positiva e significativa da MSPA com a PG ($\hat{y} = 0,789 + 0,243x$, $r = 0,74^*$), porém não significativa para os valores da PG com os teores foliares de Zn, possivelmente pelo consumo de luxo nas maiores doses de Zn (efeito linear) que não resultaram em aumento proporcional da produção de grãos (efeito quadrático) (Tabela 1). A diminuição do teor foliar de Zn com a aplicação de calcário (Tabela 1) corrobora os resultados de Malavolta et al. (1997) e Moreira et al. (2003), ao relatarem que existe uma inibição ocasionada pela aplicação de altos níveis dos íons Ca²⁺ e Mg²⁺ sobre o Zn²⁺ devido estes competirem pelos mesmos sítios de absorção, sendo este efeito do tipo não competitivo. O efeito da aplicação de calcário diminuindo o teor foliar de Zn também foi reportado por Moreira et al. (2017), em estudo com genótipos de soja [*Glycine max* (L.) Merr.] em dois níveis de calcário aplicado.

Tabela 1. Teor de clorofila, material seca da parte aérea (MSPA), produção de grãos (PG) em dois solos sem (A) e com (B) aplicação de calcário e doses de zinco e incremento da produção de grãos do trigo em função da aplicação de calcário (Δ).

	Zn	Zn - folha		MSPA		PG		Δ
	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹		(g por vaso)		(g por vaso)		(%)
		0	5,0 t ha ⁻¹	0	5,0 t ha ⁻¹	0	5,0 t ha ⁻¹	
Neossolo (NQ)	0	32,7a	26,8b	29,5b	35,8a	6,2ba	8,7a	40,3
	5	33,0a	31,4a	29,8b	37,8a	9,3b	10,2a	9,7
	10	34,5a	32,8a	45,9a	38,0b	11,6a	12,2a	5,2
	20	46,6a	33,1b	34,7b	38,8a	8,2b	10,5a	28,0
	Média	36,7a	31,0b	35,0a	37,6a	8,8b	10,4a	18,2
Teste F								
Calcário (a)		*		*		*		
Zinco (b)		*		*		*		
a × b		*		*		*		
CV%		10,15		8,17		9,31		

* Significativo a 5% probabilidade. Médias seguidas por letras distintas dentro da mesma linha e de cada variável diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV – coeficiente de variação.

Conclusão

Independentemente da aplicação de calcário, houve efeito positivo das doses de Zn sobre as produções de grãos (PG) e de matéria seca da parte aérea (MSPA) e teor foliar de Zn com o incremento das doses do nutriente. Observou-se que a aplicação de calcário aumentou as produções MSPA e PG e reduziu o teor foliar de Zn do trigo.

Referências

- CASSEL, D. K.; NIELSEN, D. R. Field capacity and available water capacity. In: KLUTE A. (Ed.) **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 901-926.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPq, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPq. Documentos, 1).
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres, 2006. 631 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas:** princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira de Potassa e do Fósforo, 1997. 319 p.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition for higher plants.** London: Academic Press, 2012. 649 p.

MOREIRA, A.; FAGERIA N. K. Liming influence on soil chemical properties, nutritional status and yield of alfalfa grown in acid soil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1231-1239, 2010.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; HEINRICHS, R.; TANAKA, R. T. Influência do magnésio na absorção de manganês e zinco por raízes destacadas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 1, p. 95-101, 2003.

MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; NAVROSKI, D. Lime and micronutrients interaction in soybean genotypes adapted to tropical and subtropical conditions. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 48, p. 792-800, 2017.

MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; REIS, A. R. The molecular genetics of zinc uptake and utilization efficiency in crop plants. In: HOSSAIN, M. A.; KAMIYA, T.; BURRITT, D. J.; TRAN, L. S. P.; FUJIWARA, T. (Ed.). **Plant micronutrients use efficiency:** molecular and genomic perspectives in crop plants. London: Elsevier/Academic Press, 2018, p. 87-108.

Indicadores de qualidade física no solo em diferentes modelos de produção de soja no norte e noroeste do Paraná

SCHNEIDER, V. M.¹; GLOOR, V. S.¹; CECATTO, S. el K.²; FRANCHINI, J. C.³; BALBINOT JUNIOR, A. A.³; SANTOS, E. L. dos⁴; FURLANETTO, R. H.⁵; NUNES, E. da S⁵; DEBIASI, H.³

¹Centro Universitário Filadélfia - UNFIL, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR, vmschneider95@gmail.com;

²Estudante de doutorado, UEL; ³Pesquisador, Embrapa Soja; ⁴Centro Universitário Assis Gurgacz – FAG, Cascavel, PR.; ⁵Engenheiro-agrônomo, Cocamar Cooperativa Agroindustrial.

Introdução

As regiões norte e noroeste do estado do Paraná apresentam ampla variação de clima, tipo de solo e altitude, o que proporciona grande diversidade de ambientes e determina a composição dos sistemas de produção, o potencial produtivo das culturas e a estabilidade de produção ao longo do tempo. Na região norte, predominam solos de origem basáltica, portanto, de textura argilosa a muito argilosa (Latosolos, Nitossolos e Cambissolos) (Bhering et al., 2007). Porém, parte da região norte apresenta solos de textura arenosa a média, incluindo solos derivados do Arenito Caiuá (Latosolos e Argissolos). Nessa região, a altitude varia de aproximadamente 350 a 1100 m. Já a região noroeste é caracterizada por solos arenosos e franco-arenosos (Latosolos e Argissolos) formados a partir do Arenito Caiuá (Bhering et al., 2007), com predomínio de altitudes entre 230 e 540 m (IAT, 2009).

Os modelos de produção de grãos das regiões norte e noroeste do Paraná, baseados nas sucessões milho 2^a safra/soja e, em menor grau, trigo/soja, apresentam baixa diversidade de espécies vegetais e baixo aporte de fitomassa da parte aérea e de raízes. Entre as consequências negativas desses modelos, está a degradação da estrutura do solo pela compactação e, que compromete os atributos físicos do solo e, em consequência, prejudica a produtividade das culturas e intensifica os processos erosivos (Debiasi et al., 2015). Adicionalmente, o uso de operações de preparo do solo (gradagens e escarificações) sem critério técnico é frequente na região o que, além de favorecer a erosão, contribui para a degradação da estrutura do solo.

Diante disso, as hipóteses do presente trabalho são: 1) glebas agrícolas manejadas nas sucessões milho 2^a safra/soja ou trigo/soja apresentam degradação da qualidade física do solo; 2) a utilização de modelos de produção com maior diversidade biológica e aporte de palha e raízes melhora a qualidade física do solo em nível de gleba agrícola; e 3) o preparo do solo agrava o processo de degradação da sua estrutura. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade física do solo em glebas agrícolas sob manejos contrastantes, nas regiões norte e noroeste do Paraná.

Material e Métodos

Foram selecionadas 24 áreas agrícolas pertencentes a 11 municípios das regiões norte e noroeste do Paraná, agrupadas em quatro sub-regiões definidas, tendo como base a localização geográfica, o material de origem do solo e a altitude, características que determinam, em grande parte, os sistemas de produção adotados e o potencial de produtividade. Das 24 áreas amostradas, 22 vêm sendo utilizadas para a produção de grãos há mais de 15 anos (áreas consolidadas), enquanto que duas foram convertidas de pastagem degradada ou cana-de-açúcar para produção de grãos recentemente (áreas de expansão), há menos de quatro anos (Tabela 1).

Tabela 1. Localização e caracterização dos modelos de produção e do preparo do solo (últimas três safras) utilizados nas 24 áreas agrícolas avaliadas no norte e noroeste do Paraná, safra 2018/2019. Embrapa Soja/Cocamar, 2021.

Área (A)	Município	Sequência de culturas ⁽¹⁾		Histórico ⁽³⁾	Modelo de produção	Preparo do solo ⁽⁴⁾
		Inverno ⁽²⁾	Verão			
Noroeste Arenito com altitude < 500 m						
A1	Ângulo	Milho	Soja	Consolidada	Padrão	Não
A2	Floraí	Milho	Soja	Consolidada	Padrão	Não
A3	Iporã	Ruz	Soja	Consolidada	Aprimorado	Não
A4	Iporã	Milho	Soja	Consolidada	Padrão	Gradagem
A5	Cafezal do Sul	Pasto degradado	Soja	Expansão	-	Não
A6	Jussara	Milho (2 safras) Milho + Ruz (1 safra)	Soja	Consolidada	Aprimorado	Não

Continua....

Tabela 1. Continuação.

Área (A)	Município	Sequência de culturas ⁽¹⁾		Histórico ⁽³⁾	Modelo de produção	Preparo do solo ⁽⁴⁾
		Inverno ⁽²⁾	Verão			
Nordeste Basalto com altitude < 600 m						
A7	Floraí	Milho	Soja	Consolidada	Padrão	Gradagem
A8	Floraí	Milho	Soja	Consolidada	Padrão	Gradagem
A9	Floraí	Milho	Soja	Consolidada	Padrão	Não
A10	Jussara	Milho	Soja	Consolidada	Padrão	Não
A11	Mandaguacu	Milho	Soja	Consolidada	Padrão	Não
A12	São Jorge do Ivaí	Milho Milho + Ruz/ Aveia preta	Soja	Consolidada	Aprimorado	Gradagem
Norte Baixo com altitude < 500 m						
A13	Primeiro de Maio	Milho	Soja	Consolidada	Padrão	Escarificação
A14	Primeiro de Maio	Milho	Soja	Consolidada	Padrão	Escarificação
A15	Primeiro de Maio	Milho (1 safra) Milho + Ruz (2 safras)	Soja	Consolidada	Aprimorado	Não
A16	Sertanópolis	Milho (2 safras) Milho/ Milheto (1 safra)	Soja	Consolidada	Aprimorado	Gradagem
A17	Sertanópolis	Milho	Soja	Consolidada	Padrão	Gradagem
A18	Sertanópolis	Milho	Soja	Consolidada	Padrão	Gradagem
Norte Alto com altitude > 650 m						
A19	Santa Cecília do Pavão	Trigo	Soja	Consolidada	Padrão	Gradagem
A20	Santa Cecília do Pavão	Trigo	Soja	Consolidada	Padrão	Não
A21	Santa Cecília do Pavão	Trigo	Soja	Consolidada	Padrão	Gradagem

Continua....

Tabela 1. Continuação.

Área (A)	Município	Sequência de culturas ⁽¹⁾		Histórico ⁽³⁾	Modelo de produção	Preparo do solo ⁽⁴⁾
		Inverno ⁽²⁾	Verão			
A22	São Sebastião Amoreira	Cana Milho + Ruz (3 safras)	Soja	Expansão	-	Não
A23	São Sebastião Amoreira	Trigo	Soja	Consolidada	Padrão	Não
A24	São Sebastião Amoreira	Milho (2 safras) Milho + Ruz (1 safra)	Soja	Consolidada	Aprimorado	Não

⁽¹⁾ Refere-se à sequência de culturas nas safras 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019, com exceção da área (A) 22, que incluiu também a safra 2015/2016, para explicar sua caracterização como área de expansão. Dentro de cada área e estação do ano, a lista das culturas segue essa ordem de safras, de cima para baixo.

⁽²⁾ Ruz = braquiária ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*); ⁽³⁾ Consolidada: área sob produção de grãos há mais de 15 anos; Expansão: área convertida para produção de grãos há quatro ou menos anos. ⁽⁴⁾ Relativo às últimas três safras (2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019) antes da avaliação.

A fim de viabilizar o diagnóstico da qualidade do manejo e da fertilidade física do solo, os indicadores utilizados foram o índice de qualidade estrutural do solo (IQes), determinado por meio do Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo - DRES (Ralisch et al., 2017) e a taxa de infiltração estável de água no solo (TIE), com o uso do infiltrômetro de Cornell (Serrato et al., 2019). Os indicadores foram enquadrados em cinco classes de interpretação (muito bom, bom, regular, ruim e muito ruim), conforme critérios da Tabela 2. Para possibilitar a comparação direta entre os indicadores, os mesmos foram padronizados atribuindo-se números variáveis entre -2 e 3 (ID) para os limites inferior e superior de cada atributo em cada classe de interpretação (Tabela 2). Com base nessa Tabela, o índice padronizado (ID_p) dos indicadores foi calculado a partir do valor real médio obtido em cada gleba (V_m), pela equação (1).

$$ID_p = (V_m - V_i) \times \left(\frac{ID_s - ID_i}{V_s - V_i} \right) \quad (1)$$

Em que: ID_p = índice padronizado do indicador, variável entre -2 e 3; V_m = valor médio não padronizado (real) do indicador, obtido na gleba avaliada; V_i = valor referente ao limite inferior da classe de interpretação em que V_m se enquadrava; V_s = valor referente ao limite superior da classe de interpretação em

que V_m se enquadra; ID_i = índice referente ao limite inferior da classe de interpretação em que V_m se enquadra, correspondente a um número inteiro entre -2 e 3; ID_s = índice referente ao limite superior da classe de interpretação em que V_m se enquadra, correspondente a um número inteiro entre -2 e 3.

Tabela 2. Limites inferiores e superiores das classes de interpretação estabelecidas para os dois indicadores de qualidade física do solo.

Indicadores	Classe de interpretação				
	Muito Ruim	Ruim	Regular	Bom	Muito Bom
TIE mm h ⁻¹	Mín. ⁽¹⁾ a 19,9	20,0 a 39,9	40,0 a 59,9	60,0 a 79,9	80,0 a Máx. ⁽¹⁾
IQES ⁽²⁾	Mín. a 1,9	2,0 a 2,9	3,0 a 3,9	4,0 a 4,9	5,0 a 6,0
ID (Vi/Vs) ⁽³⁾	-2/ -1,01	-1/-0,01	0/0,99	1/1,99	2/3

⁽¹⁾ Valores médios mínimos (Mín.) e máximos (Máx.) do indicador entre todas as áreas avaliadas. ⁽²⁾ IQES = índice de qualidade estrutural do solo, obtido a partir do diagnóstico rápido da estrutura do solo – DRES (Ralisch et al., 2017). ⁽³⁾ ID (Vi/Vs) = índice atribuído ao valor inferior (Vi) e superior (Vs) de cada classe de interpretação.

Os dados foram primeiramente submetidos à análise estatística descritiva. Para comparação entre as médias de dois grupos de áreas (por exemplo, modelos padrão x modelos aprimorados), foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney (teste U) ($p \leq 0,05$). Quando a comparação envolveu três ou mais grupos de áreas, as médias foram comparadas pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do programa Statistica.

Resultados e Discussão

A TIE e o IQES foram enquadrados nas classes “ruim” ou “muito ruim” em 17 e 18 áreas (Figura 1, IDP entre -2 e -0,01), respectivamente, o que representa cerca de 73% dos casos. Como a TIE e o IQES se complementam, a proporção de áreas em que pelo menos um deles foi interpretado como sendo crítico à fertilidade física do solo é a informação chave para um panorama mais realístico a respeito do grau de limitação imposto pelos mesmos nas regiões norte e noroeste do Paraná. Nesse contexto, das 24 áreas avaliadas, em 21 (87,5%), pelo menos um dos dois indicadores foi classificado como “ruim” ou “muito ruim”, evidenciando degradação da estrutura e, conseqüentemente, comprometimento dos processos físicos que ocorrem no solo.

Diante desses resultados, fica evidente que a degradação da estrutura do solo é o problema mais grave relacionado ao manejo do solo nas regiões norte e noroeste do Paraná. Essa condição diminui o crescimento radicular, reduz a eficiência de uso dos fertilizantes e limita a disponibilidade de água e oxigênio às raízes, o que se reflete negativamente sobre a produtividade das culturas especialmente em anos secos e/ou com excesso de chuvas (Bertollo et al., 2021). A degradação estrutural também favorece as perdas de água e solo por erosão, com impactos negativos sobre o ambiente e a produtividade (Didoné et al., 2015).

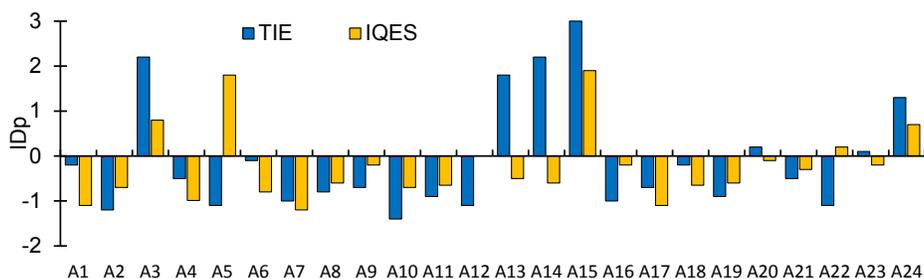


Figura 1. Comparação dos índices padronizados do indicador (ID_p) da taxa de infiltração estável de água no solo (TIE) e do índice de qualidade estrutural do solo (IQES) nas 24 áreas avaliadas. Embrapa Soja/Cocamar, 2021.

O efeito dos modelos de produção (padrão e aprimorado) sobre a fertilidade estrutural do solo, sem diferenciar as glebas em relação à realização ou não de operações de preparo do solo (gradagens e/ou escarificações) é apresentado na Figura 2. Em média, a TIE foi 53% superior nas áreas com maior diversidade de espécies vegetais e maior aporte de palha e raízes (modelos aprimorados), comparativamente às que utilizaram as sucessões trigo/soja ou milho 2ª safra (padrão) (Figura 2a). Os valores médios de TIE foram classificados como ruins nos modelos “padrão” e regulares nos “aprimorados”. Verificou-se ainda que 74% dos pontos avaliados nas áreas manejadas nos modelos “padrão” apresentaram valores de TIE baixos, inferiores a 40 mm h^{-1} (classes de interpretação “ruim” ou “muito ruim”), ao passo que, nos aprimorados, essa proporção foi reduzida para 50% (Figura 2b). Da mesma forma, valores altos de TIE ($>60 \text{ mm h}^{-1}$) foram observados em 31% dos pontos sob modelos aprimorados; nos modelos “padrão” a TIE foi superior a 60 mm h^{-1} em apenas 11% das áreas.

Similarmente à TIE, o IQES médio foi classificado como “ruim” nos modelos de produção “padrão” e “regular” nos aprimorados (Figura 2c), o que indica melhoria da estrutura do solo nas glebas que utilizam modelos com maior diversidade de plantas e aporte de fitomassa da parte aérea e raízes. Adicionalmente, 81% das amostras provenientes de áreas manejadas sob modelos “padrão” apresentaram valores de IQES inferiores a 3, equivalendo às classes de interpretação “ruim” ou “muito ruim”, enquanto apenas 2% obtiveram valores iguais ou maiores que 4 (“bom” ou “muito bom”) (Figura 2d). Em contrapartida, a proporção de amostras com IQES ruim ou muito ruim foi de 23% nos modelos aprimorados, com 41% dos casos apresentando valores considerados bons ou muito bons. Esses resultados evidenciam que o IQES foi mais sensível às alterações na estrutura do solo ocasionados pelos modelos de produção avaliados, em comparação à TIE.

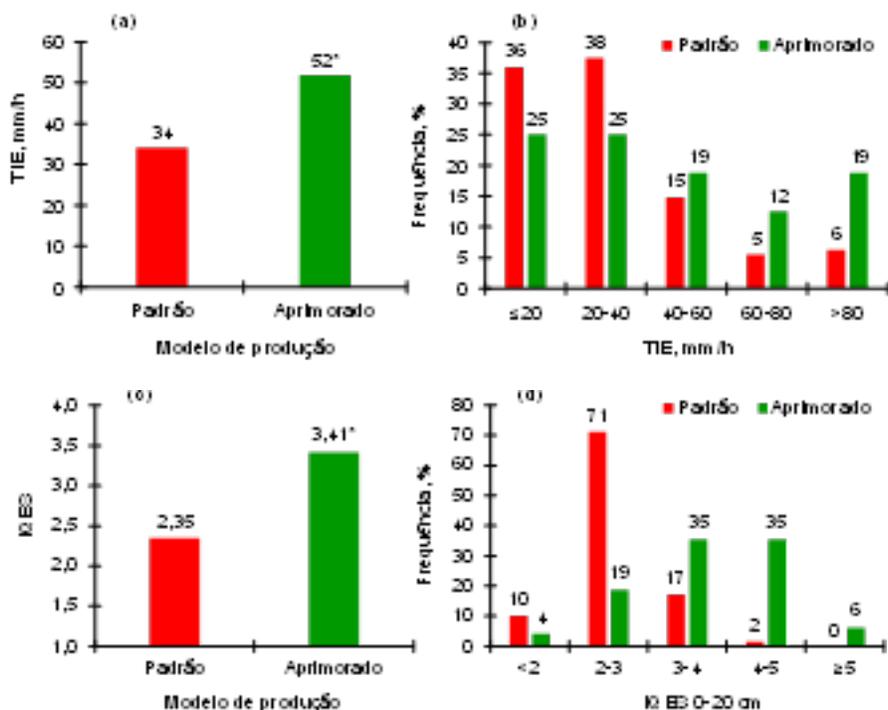


Figura 2. Médias (a, c) e frequência relativa das amostras por classe de valores (b, d) nos modelos de produção padrão e aprimorado, para a taxa de infiltração estável de água (TIE) (a,b) e o índice de qualidade estrutural do solo (IQES) (c,d), em áreas agrícolas consolidadas das regiões Norte e Noroeste do Paraná (safra 2018/2019). Embrapa Soja/Cocamar, 2020. * Diferenças estatisticamente significativas pelo teste U de Mann-Whitney ($p < 0,01$).

As diferenças na estrutura do solo entre os modelos “padrão” e “aprimorados” ficam mais evidentes quando os efeitos da realização ou não de operações de preparo do solo são considerados na análise (Figura 3). Nesse sentido, verifica-se que das 22 áreas consolidadas abrangidas no estudo, 11 (50%) foram submetidas a pelo menos uma operação de preparo do solo nas três safras que antecederam a avaliação (Tabela 1). Nos modelos “padrão”, a TIE nas áreas submetidas a pelo menos uma escarificação no período considerado foi cerca de 2,7 vezes maior do que nas áreas sem preparo ou com realização de pelo menos uma gradagem. Contudo, o IQES das áreas escarificadas não diferiu daquelas sem preparo ou submetidas à gradagem, o que pode ser atribuído à desagregação excessiva do solo promovida pela escarificação, característica considerada como evidência de degradação estrutural pela metodologia DRES (Ralisch et al., 2017).

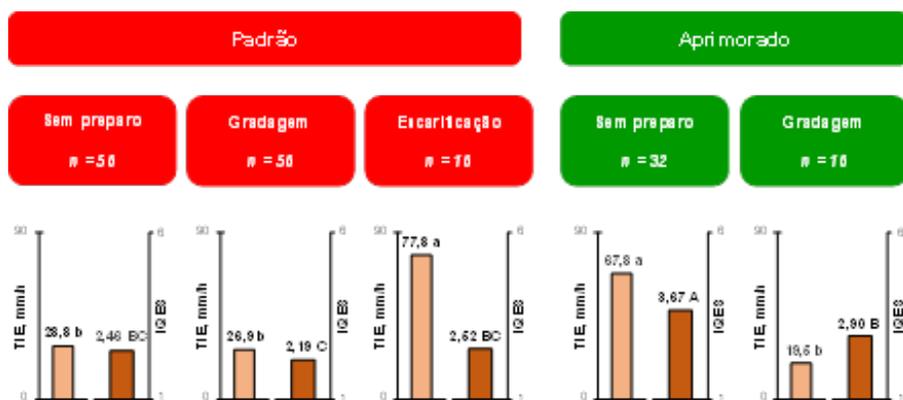


Figura 3. Valores médios de taxa de infiltração estável de água (TIE) e do índice de qualidade estrutural do solo (IQES) em áreas agrícolas consolidadas das regiões Norte e Noroeste do Paraná (safra 2018/2019), agrupadas em função dos modelos de produção e dos sistemas de preparo do solo adotados. Embrapa Soja/Cocamar, 2020.

n = número de amostras por manejo. Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas para a TIE e maiúsculas para o IQES, não diferem significativamente pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

No caso dos modelos aprimorados, foram incluídas no diagnóstico, apenas áreas sem preparo ou submetidas a pelo menos uma gradagem nas três safras anteriores à avaliação (Figura 3). Tanto a TIE quanto o IQES foram significativamente menores nas áreas com histórico de gradagem, indicando que essa prática colabora para a degradação da fertilidade estrutural do solo, mesmo em modelos de produção mais diversificados e com maior aporte de

palha e raízes. Além de reduzir a cobertura e acelerar a mineralização da matéria orgânica na superfície do solo (Sá et al., 2008), a gradagem favorece a formação de camadas compactadas abaixo da revolvida (pé-de-grade) (Moraes et al., 2016), contribuindo assim para a degradação da estrutura do solo. Na ausência de preparo do solo, os maiores valores de TIE e IQES foram observados nos modelos de produção aprimorados (Figura 3). Para a TIE, as diferenças entre os modelos de produção foram maiores quando as áreas submetidas a preparos do solo foram excluídas da análise, sendo os valores 2,4 vezes maiores nos modelos aprimorados. Por outro lado, o impacto da separação dos efeitos do preparo do solo sobre as diferenças de IQES entre os modelos de produção foi pequeno, indicando mais uma vez a capacidade desse indicador em detectar a degradação estrutural tanto por compactação quanto por pulverização excessiva. Assim, fica evidente a construção de um perfil de solo com adequada fertilidade estrutural está associada à adoção de modelos de produção com diversidade de espécies vegetais e elevados aportes de material vegetal (palha e raiz), conforme destacado por Debiasi et al. (2015) e Bertollo et al. (2021).

Conclusão

A degradação da estrutura do solo é verificada na ampla maioria das glebas agrícolas sob produção de grãos nas regiões norte e noroeste do Paraná. Melhorias na fertilidade estrutural do solo ocorrem em glebas que utilizam modelos com maior diversidade de plantas e aporte de fitomassa da parte aérea e raízes, aliadas ao fato de não ser realizadas operações de preparo de solo.

Referências

- BERTOLLO, A. M.; MORAES, M. T.; FRANCHINI, J. C.; SOLTANGHEISI, A.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; LEVIEN, R.; DEBIASI, H. Precrops alleviate soil physical limitations for soybean root growth in an Oxisol from southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 206, 104820, 2021. 11 p.
- BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. dos; MANZATTO, C. V.; BOGNOLA, I. A.; FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P. de; POTTER, R. O.; CURCIO, G. R. **Mapa de solos do estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007. 73 p. (Embrapa Solos. Documentos, 96).

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; CONTE, O. **Diversificação de espécies vegetais como fundamento para a sustentabilidade da cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 60 p. (Embrapa Soja. Documentos, 366).

DIDONÉ, E. J.; MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H. Quantifying soil erosion and sediment yield in a catchment in southern Brazil and implications for land conservation. **Journal of Soil and Sediments**, v. 15, p. 2334-2346, 2015.

IAT – INSTITUTO ÁGUA E TERRA. **Dados geoespaciais de referência**: Folhas Topográficas do Estado do Paraná 1:50.000. 2009. Disponível em: <http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Dados-geoespaciais-de-referencia>. Acesso em: 12 maio 2021.

MORAES, M. T. de; DEBIASI, H.; CARLESSO, R.; FRANCHINI, J. C.; SILVA, V. R. da; LUZ, F. B. da. Soil physical quality on tillage and cropping systems after two decades in the subtropical region of Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 155, p. 351-362, 2016.

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

SÁ, J. C. M.; SÁ, M. F. M.; SANTOS, J. B.; FERREIRA, A. O. Dinâmica da matéria orgânica nos campos gerais. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. de O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**: ecossistemas tropicais & subtropicais. 2. ed. rev. atual. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 443-461.

SERRATO, C. D.; FRANCHINI, J. C.; SERRATO, F. R.; DEBIASI, H.; SANTOS, E. L. dos; CONTE, O.; MORALES NETO, S.; BRISCHILIARI, V. **Infiltrômetro de aspersão de Cornell aperfeiçoado**: aspectos construtivos, operacionais e de manutenção. Londrina: Embrapa Soja, 2019. 66 p. (Embrapa Soja. Documentos, 424).

Potencial fisiológico de sementes de soja armazenadas em diferentes ambientes

HASEGAWA, V. Y.¹; ABATI, J.²; HENNING, A. A. ²; FRANÇA-NETO, J. de B.³; KRZYZANOWSKI, F. C.³; HENNING, F. A.³

¹Estudante de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, vitorhasegawa@gmail.com;

²Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina; ³Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

Na entressafra da cultura da soja, as sementes da oleaginosa são armazenadas por um período que varia de seis a oito meses. Durante esse período a deterioração é inevitável, contudo, a extensão das alterações fisiológicas, físicas e bioquímicas que ocorrem neste processo pode ser minimizada, dependendo das condições ambientais de armazenamento, principalmente temperatura e umidade relativa do ar (Mohammadi et al., 2011; Jyoti; Malik, 2013). Desta forma, o ambiente de armazenamento assume papel fundamental na definição da qualidade das sementes a serem entregues ao produtor, especialmente no Brasil, visto que as regiões produtoras de soja estão em grande parte presentes em regiões tropicais e subtropicais (França-Neto et al., 2016).

Além disso, diferenças na longevidade de sementes entre cultivares de soja têm sido frequentemente relatadas, gerando preocupação para o setor sementeiro.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar as alterações na qualidade fisiológica de sementes de cultivares de soja ao longo do período de armazenamento em diferentes ambientes (câmara fria e seca e em ambiente não controlado).

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Núcleo Tecnológico de Sementes e Grãos, da Embrapa Soja, Londrina, PR, no Laboratório de Fisiologia e Tecnologia de Sementes.

Foram utilizadas sementes de sete cultivares de soja: BRSMG 715A [a qual se utilizou dois lotes – lote (L1) e lote 2 (L2)], BRS 1001 IPRO, BRS 1003 IPRO, BRS 413 RR, BRS 284, BMX Valente RR e DM 6563 IPRO, representadas nas figuras e no texto pelas letras A, B, C, D, E, F, G e H, respectivamente. As sementes utilizadas pertenciam a categoria C1 (certificada de primeira geração), sendo A e B produzidas em Uberaba – MG e o restante em Ponta Grossa – PR.

As sementes foram acondicionadas em embalagens de papel (nas dimensões de 9 x 9 x 18 cm e com gramatura de 275 g/m²) e armazenadas durante um período de seis meses em dois ambientes: câmara fria e seca (sob condições controladas de temperatura e umidade relativa do ar) e ambiente não controlado (sob condições naturais). Durante o experimento foram monitoradas a temperatura e umidade relativa (UR) no ambiente não controlado, com equipamento Data Logger modelo HT-500 (Figura 1). Em câmara fria e seca a temperatura e a UR foram programadas e mantidas em 10 °C e 50%, respectivamente.

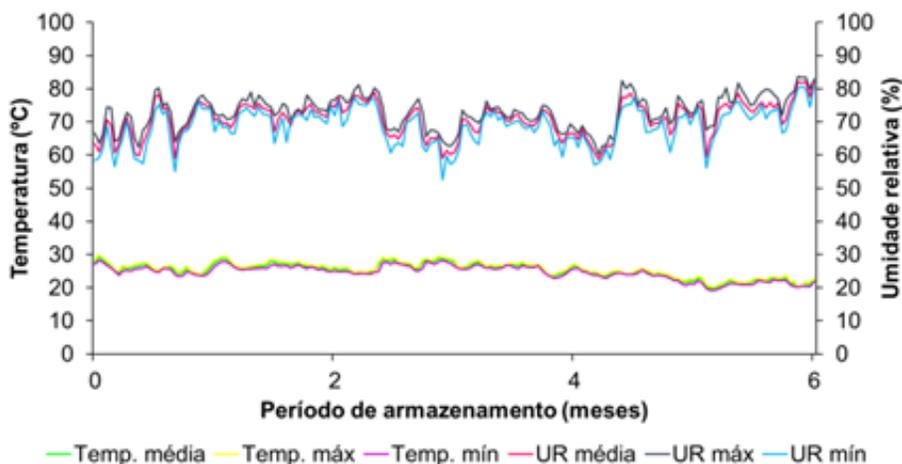


Figura 1. Temperatura máxima, média e mínima diária (°C) e umidade relativa do ar máxima, média e mínima diária (%) durante o período de armazenamento de sementes de soja em ambiente não controlado.

Periodicamente, a cada dois meses (0, 2, 4 e 6 meses), a fim de determinar as alterações na qualidade fisiológica das sementes realizaram-se os seguintes testes:

Germinação: realizado com duas subamostras de 50 sementes por repetição, totalizando 400 sementes por tratamento. As sementes foram distribuídas em rolos de papel germitest, umedecidos com água destilada, na quantidade de 2,5 vezes a massa do substrato. Após a montagem, os rolos foram acondicionados em germinador sob temperatura de 25 °C, pelo período de oito dias, quando se contabilizou a porcentagem das plântulas normais (Brasil, 2009).

Emergência de plântulas em areia: realizada com 400 sementes por tratamento, divididas em quatro repetições de 100 sementes. A semeadura foi realizada em bandejas plásticas contendo areia, na qual as sementes foram dispostas a uma profundidade de três centímetros. O teste foi conduzido em condições de casa de vegetação e a umidade do substrato mantida com irrigações, de acordo com a necessidade das plântulas. A avaliação final do número de plântulas normais emergidas foi realizada ao décimo segundo dia e, os resultados foram expressos em porcentagem.

Índice de velocidade de emergência de plântulas: realizado em conjunto com o teste de emergência de plântulas em areia. As avaliações foram realizadas diariamente, a partir do início da emergência, registrando-se o número de plântulas emergidas até o décimo segundo dia após a semeadura. Para o cálculo do índice de velocidade de emergência (IVE) utilizou-se a equação sugerida por Maguire (1962): $IVE = N1/D1 + N2/D2 + Nn/Dn$, na qual N1= número de plântulas emergidas no primeiro dia; Nn= número acumulado de plântulas emergidas; D1= primeiro dia de contagem; Dn= número de dias contados após a semeadura.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 8 (4 períodos de armazenamento – 0, 2, 4 e 6 meses x 8 lotes de sementes de soja de sete cultivares), com quatro repetições. Os dados foram analisados quanto à normalidade e homocedasticidade, utilizando-se os testes de Shapiro-Wilk e de Hartley, respectivamente; os quais indicaram a não necessidade de transformação. Foi realizada análise de variância a 5% de probabilidade. As médias das cultivares foram comparadas pelo teste de Scott-Knott e, para os períodos de armazenamento foi realizada análise de regressão, separadamente para cada ambiente de armazenamento. As análises foram executadas por meio do programa computacional Sistema para Análise de Variância – SISVAR (Ferreira, 2011).

Resultados e Discussão

O resumo do quadro de análise de variância das características de qualidade fisiológica de sementes de soja para a interação entre cultivares e períodos de armazenamento e seus respectivos efeitos isolados, para ambos os ambientes de armazenamento, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Quadro de análise de variância para as características de qualidade fisiológica de sementes de soja, em função da cultivar e períodos de armazenamento em dois ambientes (câmara fria e seca – CF e ambiente não controlado – NC).

FV	Quadrados médios						
	GL	GER - CF	EMA - CF	IVE - CF	GER - NC	EMA - NC	IVE - NC
Cultivar (C)	7	135,33**	93,33**	18,36**	171,01**	184,73**	25,65**
Período (P)	3	178,14**	55,68**	27,61**	721,39**	514,04**	135,12**
C x P	21	10,07 ^{ns}	5,83 ^{ns}	1,33**	16,81*	16,27*	3,02**
Erro	96	9,80	9,52	0,62	8,84	7,96	0,35
Média		90	90	18,99	87	88	17,95
CV (%)		3,49	3,42	4,17	3,41	3,22	3,32

^{ns}: não significativo e **, * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

GER: germinação; EMA: emergência de plântulas e IVE: índice de velocidade de emergência.

Em relação ao teste de germinação, no armazenamento das sementes em câmara fria e seca, foi verificado que as menores porcentagens de germinação foram das cultivares D e F (Tabela 2). Conforme observado na equação de regressão apresentada na Tabela 2, verifica-se que o número de plântulas normais reduziu linearmente com o aumento do período de armazenamento, diminuindo em média cinco pontos percentuais após seis meses de armazenamento.

Tabela 2. Germinação (GER) e emergência de plântulas (EMA) de sementes de soja em função de efeito isolado de cultivares (média de quatro avaliações ao longo do período de seis meses de armazenamento) e equações de regressão em função do efeito isolado de períodos de armazenamento (média de oito cultivares de soja), em condições de câmara fria e seca.

Cultivar	GER (%)	EMA (%)
A	90 c	89 c
B	95 a	95 a
C	90 c	89 c
D	87 d	90 c
E	93 b	92 b
F	86 d	87 d
G	89 c	90 c
H	89 c	91 c
Equação de regressão	$y = -0,9145x + 92,576 R^2 = 0,99$	$y = -0,4905x + 91,809 R^2 = 0,92$

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

No armazenamento em ambiente não controlado, foi constatada interação entre os fatores estudados para a variável germinação (Tabela 1). Nas cultivares avaliadas não houve diferença na germinação das sementes no período de 0 meses (Tabela 3). Nos demais períodos de armazenamento, as cultivares responderam diferentemente e, aos seis meses, os menores valores foram encontrados nas cultivares D e F, seguido da cultivar C. Nesse ambiente, destaca-se que essas cultivares, após seis meses de armazenamento, apresentaram germinação abaixo do padrão mínimo exigido para a comercialização de sementes de soja, que de acordo com a legislação é de 80% (Brasil, 2013). Ao longo do período de armazenamento no ambiente não controlado, todas as cultivares apresentaram reduções lineares nos valores de germinação, contudo menores taxas de decréscimos foram verificadas nas cultivares A e B (Tabela 3).

No armazenamento em câmara fria e seca, verificou-se que as sementes das cultivares B e F resultaram em maior e menor número de plântulas emergidas, respectivamente (Tabela 2). Além disso, a partir da equação de

regressão apresentada na Tabela 2 observa-se redução linear no número de plântulas emergidas no decorrer do armazenamento, para todas as cultivares. Contudo, essa redução foi baixa, considerando a média de 2,9 pontos percentuais após seis meses de armazenamento. Já, no ambiente não controlado, constatou-se aos seis meses de armazenamento menores porcentagens de plântulas emergidas nas cultivares D, F e H (Tabela 3). Ainda, nesse ambiente, o aumento no período de armazenamento acarretou redução na emergência de plântulas em todas as cultivares, entretanto essas apresentaram diferentes taxas de declínio.

A partir dos resultados de germinação e emergência de plântulas em areia, pode-se observar que as cultivares comportaram-se de maneira semelhante perante os períodos de armazenamento em câmara fria, no qual há controle de temperatura e UR. Entretanto, quando as sementes foram armazenadas em ambiente não controlado, detectaram-se diferentes respostas das cultivares. Com isso, confirma-se que o potencial de armazenamento de sementes de soja também está diretamente relacionado a características genéticas da cultivar.

Para o índice de velocidade de emergência (IVE) verificou-se interação entre os fatores estudados, nos dois ambientes de armazenamento (Tabela 1). Na câmara fria, os menores valores para esta variável foram encontrados, no período inicial, nas cultivares F e H e, aos seis meses, nas cultivares G e H, seguido das cultivares C, D e F (Tabela 3). Para efeito do armazenamento, o aumento dos períodos ocasionou reduções no IVE das cultivares A, C, D, F, G e H. Para as demais cultivares não houve decréscimo significativo na velocidade de emergência com o decorrer do tempo de armazenamento.

Tabela 3. Germinação (GER), emergência de plântulas (EMA) e índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de cultivares (CUL) de soja ao longo do período de armazenamento (PA) em condições de ambiente não controlado (NC) e câmara fria e seca (CF).

CUL	GER (%) - NC					EMA (%) - NC				
	PA (meses)				Equação de Regressão R ²	PA (meses)				Equação de Regressão R ²
	0	2	4	6		0	2	4	6	
A	92a	89b	88a	86b	$y = -0,95x + 91,1$ R ² =0,96	90b	92b	87b	85b	$y = -x + 91,5$ R ² =0,70
B	95a	95a	90a	91a	$y = -0,925x + 95,4$ R ² =0,75	98a	96a	93a	91a	$y = -1,175x + 97,9$ R ² =0,98
C	92a	86b	83b	79c	$y = -1,95x + 90,85$ R ² =0,98	90b	85c	85b	83b	$y = -1,05x + 88,9$ R ² =0,82
D	91a	89b	81b	75d	$y = -2,85x + 92,3$ R ² =0,97	91b	88c	83b	77c	$y = -2,275x + 91,7$ R ² =0,97
E	95a	90b	88a	85b	$y = -1,637x + 93,97$ R ² =0,96	94a	93b	88b	87a	$y = -1,3x + 94,275$ R ² =0,90
F	89a	86b	81b	74d	$y = -2,5x + 89,75$ R ² =0,98	88b	89c	79c	79c	$y = -1,687x + 88,87$ R ² =0,72
G	95a	92a	85a	83b	$y = -2,075x + 94,85$ R ² =0,95	93a	88c	85b	83b	$y = -1,65x + 92,325$ R ² =0,95
H	93a	90b	86a	82b	$y = -1,85x + 93,3$ R ² =0,99	95a	87c	86b	80c	$y = -2,3x + 93,9$ R ² =0,93
CUL	IVE - NC					IVE - CF				
	PA (meses)				Equação de Regressão	PA (meses)				Equação de Regressão
	0	2	4	6		0	2	4	6	
A	20,0a	20,1b	17,3c	16,9b	$y = -0,597x + 20,41$ R ² =0,82	20,0a	20,1a	19,3b	18,9b	$y = -0,213x + 20,21$ R ² =0,87
B	20,8a	20,9a	20,1a	19,4a	$y = -0,252x + 21,065$ R ² =0,80	20,8a	20,9a	20,9a	20,2a	ns
C	19,5a	19,1c	17,2c	16,0b	$y = -0,618x + 19,81$ R ² =0,95	19,5a	19,7a	18,9c	17,8c	$y = -0,297x + 19,87$ R ² =0,81
D	19,9a	19,7b	16,9c	13,4c	$y = -1,12x + 20,85$ R ² =0,90	19,9a	19,9a	19,8b	17,1c	$y = -0,435x + 20,47$ R ² =0,65
E	20,2a	20,4b	18,4b	16,7b	$y = -0,6245x + 20,79$ R ² =0,87	20,2a	20,1a	20,0b	19,2b	ns
F	18,4b	18,9c	15,9d	13,6c	$y = -0,866x + 19,302$ R ² =0,85	18,4b	18,8b	17,9c	17,0c	$y = -0,257x + 18,8$ R ² =0,72
G	19,6a	18,4c	15,6d	13,0c	$y = -1,124x + 20,03$ R ² =0,98	19,6a	18,3b	18,2c	15,6d	$y = -0,6x + 19,725$ R ² =0,87
H	18,9b	18,5c	17,2c	13,5c	$y = -0,886x + 19,68$ R ² =0,85	18,9b	18,6b	17,5c	15,5d	$y = -0,577x + 19,37$ R ² =0,90

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. ns: regressão não significativa, a 5% de probabilidade.

No ambiente não controlado, aos seis meses de armazenamento, os menores valores de IVE foram encontrados nas cultivares D, F, G e H (Tabela 3). Para o período de armazenamento, observaram-se equações com ajuste linear decrescente em todas as cultivares, sendo esta redução mais acentuada nas cultivares D e G. Resultados similares foram encontrados por Smaniotto et al. (2014), ao verificarem que a velocidade de germinação das sementes de soja decresce ao longo do armazenamento.

Essa redução da qualidade das sementes conforme se prolonga o período de armazenamento está relacionada com o processo natural de deterioração, sendo este acelerado em ambientes desfavoráveis a manutenção da qualidade das sementes. Neste contexto, o melhor desempenho das sementes em câmara fria é devido este ambiente apresentar um microclima mais favorável para conservação da qualidade inicial das sementes. Além disso, verificou-se que há diferenças nas respostas quanto ao genótipo utilizado, mostrando que possivelmente existem compostos presentes nas sementes relacionados ao potencial de armazenamento, os quais devem ser elucidados e explorados visando à produção de sementes de qualidade, bem como a manutenção dessa qualidade durante o armazenamento.

Conclusão

O potencial fisiológico das sementes é reduzido ao longo do período de armazenamento, contudo, esse efeito é mitigado pelo armazenamento em condições controladas de câmara fria e seca.

As cultivares apresentam comportamento diferenciado quanto a conservação do potencial fisiológico ao longo do armazenamento.

Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 45, de 17 de setembro de 2013. Anexo XXIII - Padrões para produção e comercialização de sementes de soja. **Diário Oficial da União**, seção 1, Brasília, DF, 18 de set. 2013. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/INN45de17desetembrode2013.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2021.

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

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

FRANÇA-NETO, J. de B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; PÁDUA, G. P. de; LORINI, I.; HENNING, F. A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82 p. (Embrapa Soja. Documentos, 380).

JYOTI; MALIK, C. P. Seed deterioration: a review. **International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research**, v. 2, n. 3, p. 374-385, 2013.

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

MOHAMMADI, H.; SOLTANI, A.; SADEGHIPOU, H. R.; ZEINALI, E. Effect of seed aging on subsequent seed reserve utilization and seedling growth in soybean. **International Journal of Plant Production**, v. 5, n. 1, p. 65-70, 2011.

SMANIOTTO, T. A. de S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K. A. F.; OLIVEIRA, D. E. C.; SIMON, G. A. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 446-453, 2014.

Avaliação da densidade populacional de *Aphelenchoides besseyi* em função de doses de calcário na soja

LORETO, R. B.¹; DIAS, J. P.¹; MOREIRA, A.^{2,4}; MEYER, M. C.²; FAVORETO, L.³

¹Universidade Estadual de Londrina, Bolsista CAPES, Londrina, PR, rafaelabuenoloreto@gmail.com;

²Pesquisador, Embrapa Soja; ³Pesquisadora, EPAMIG Oeste, Uberaba, MG; ⁴Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

Introdução

A importância econômica da presença de *Aphelenchoides besseyi* tem tido destaque no cenário agrícola brasileiro, principalmente após ser identificado como o agente etiológico da doença conhecida como “haste verde”, na cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merr.]. Os principais sintomas se caracterizam por plantas com retenção foliar e engrossamento dos nós e baixa senescência. A doença se restringe às regiões mais quentes e chuvosas do País, como os estados do Maranhão, de Tocantins, do Pará e norte de Mato Grosso, podendo resultar em perdas de até 100% do rendimento da cultura, nas áreas mais infestadas (Meyer et al., 2017).

Aphelenchoides besseyi é considerado um fitoparasita não obrigatório, uma vez que sobrevive como micófito, alimentando-se de fungos decompositores de matéria orgânica do solo, na ausência de plantas hospedeiras. Em condições extremas de desidratação pode entrar em anidrobiose e sobreviver no interior de restos culturais por longos períodos (Favoreto et al., 2011; Jesus; Cares, 2016). Em função da dinâmica da população do nematoide, sua interação com o meio e as condições oferecidas ao seu desenvolvimento, sua densidade populacional pode ser influenciada pela qualidade do solo. Dessa forma, a nematofauna é alterada pelos atributos físicos e químicos do solo (Arieira, 2012).

Dentro desse contexto, entre os principais problemas encontrados na agricultura nos trópicos, destacam-se o balanço inadequado da fertilidade e a elevada acidez do solo. A relação entre a acidez do solo e a multiplicação de fitonematoides foi relatada por Debiasi et al. (2011) e Mendes et al. (2012), cujos sintomas mais intensos de *Pratylenchus brachyurus* foram observados

em lavouras de soja com maior acidez, altos níveis de Al^{3+} e baixos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} . No entanto, para *Heterodera glycines* a relação é contrária, sendo a severidade dos sintomas relacionados com valores mais elevados de pH (Pinheiro et al., 2008).

Os solos das regiões onde ocorrem perdas de produtividade em lavouras de soja devido a presença de *A. besseyi* são naturalmente ácidos e apresentam altos teores de Al trocável. Além da toxicidade do Al^{3+} para as plantas é comum ocorrer também a deficiência de Ca^{2+} e Mg^{2+} , solos com essas condições podem causar a redução do crescimento do sistema radicular de várias espécies vegetais, incluindo a soja. Para minimizar esse efeito negativo, a utilização do calcário acarreta elevação dos teores trocáveis de Ca e Mg, neutraliza o Al trocável e eleva o pH do solo. É um produto de baixa solubilidade em água e sua ação neutralizante depende da superfície de contato e da umidade do solo (Rodrighero et al., 2015).

Em busca de alternativas de manejo de *A. besseyi* e, considerando as relações entre a acidez do solo e os fitonematoides, o trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de níveis de calcário sobre a densidade populacional de *A. besseyi*, na cultura da soja.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em condições de casa de vegetação da Embrapa Soja, com temperatura média de 24 °C (± 2 °C) e nebulizações de 15 segundos a cada 20 minutos para manter a umidade relativa acima de 80%. Para os componentes de crescimento [altura da planta, massa fresca de raízes (MFR) e da parte aérea (MFPA) e comprimento de raízes], adotou-se o delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 2×6 , sendo os tratamentos divididos com e sem inoculação do nematoide *Aphelenchoides besseyi* e dentro desses tratamentos foram aplicadas as seis doses de calcário calcítico equivalente a 0, 2, 4, 6, 8 e 10 t ha⁻¹, com cinco repetições. Para determinação do grau de infestação de *A. besseyi* nas raízes, parte aérea (PA) e no solo foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com as seis doses de calcário e cinco repetições.

O substrato (3:1, areia e solo) com as doses de calcário foram acondicionadas em vasos de 500 mL, que permaneceram sob irrigação constante por 30 dias. Posteriormente cada vaso foi semeado com quatro sementes da cultivar BRS 284 e após 15 dias foi realizado o desbaste, deixando apenas uma planta por vaso, em seguida realizou-se a inoculação de 500 nematoides/planta, depositando-se a suspensão no solo próximo ao colo da planta.

Os nematoides obtidos a partir de uma população pura de *Aphelenchoides besseyi*, multiplicada em placas de Petri com colônias de *Fusarium* sp., com cinco dias de crescimento em meio de cultura com batata-dextrose-ágar (BDA) e mantidas em câmaras tipo BOD a 25 °C (± 1 °C) no escuro por 30 dias (Favoreto et al., 2011). O inóculo foi obtido pela preparação da suspensão dos mesmos em água, coletando-se os nematoides, em peneiras de 25 μ m, pela lavagem da parte interna das tampas das placas de Petri, com jatos de água. Aos 45 dias após a inoculação (DAI) a parte aérea foi seccionada acima do solo, determinando-se a massa fresca e posteriormente processadas com o método descrito por Coolen e D'Herde (1972), sendo os nematoides quantificados em câmara de Peters, sob microscópio óptico, com resolução de 100x.

As raízes foram retiradas e lavadas em água corrente, secas em papéis toalhas e, após aferida a massa fresca, foram processadas com o mesmo método descrito para a parte aérea para quantificar os nematoides. Para a avaliação dos nematoides do solo, coletou-se 100 g de cada repetição por tratamento, seguindo-se o método de Jenkins (1964) e a contagem de nematoides como descrito anteriormente.

Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), teste F e posteriormente à análise de regressão ($p \leq 0,05$). Os dados de infecção com nematoides na PA, raízes e solo foram transformados com

Resultado e Discussão

A aplicação de calcário ocasionou, independentemente da presença ou não de *A. besseyi*, em aumento significativo da produção de MFPA, MFR e MFT (massa fresca total). Para a variável altura, houve efeito somente no tratamento sem nematoide, enquanto no comprimento de raízes não houve efei-

to dos tratamentos (Tabela 1). Resultados semelhantes foram obtidos por Andrade et al. (2019), que ao estudarem a resposta da soja aos níveis de calcário na presença de *A. besseyi*, também obtiveram incremento significativo na produção de MFPA. O efeito positivo da calagem verificado no incremento da produção da parte vegetativa das plantas corrobora com os resultados de Moreira et al. (2017), que ao estudarem diferentes cultivares e doses, relataram que independente da cultivar, a soja foi responsiva à aplicação de calcário.

Observou-se também que a alteração dos atributos químicos do solo na rizosfera, com aumento das doses de calcário, promoveu redução da densidade populacional dos fitonematoides na MFR e MFT (Tabela 2). Debiasi et al. (2011) e Andrade et al. (2019), ao monitorarem a fertilidade do solo cultivado com soja, verificaram que a acidez do solo está diretamente relacionada ao nível de infestação de nematoides nas plantas.

Tabela 1. Componentes de crescimento da soja em resposta a presença (+) e ausência (-) de *Aphelenchoides besseyi* em crescentes doses de calcário.

Calcário t ha ⁻¹	Altura		Raízes		MFPA		MFR		MFT	
	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)
	(cm)		(cm)		g por vaso		g por vaso		g por vaso	
0	21,3	21,6	33,2	27,4	2,1	2,0	2,0	1,8	4,1	3,9
2	21,8	20,5	31,4	30,2	2,3	2,6	2,1	2,2	4,4	4,8
4	22,8	17,6	33,0	32,6	2,8	2,5	2,2	1,9	5,0	4,4
6	23,3	22,8	43,9	34,3	2,6	3,1	2,3	2,4	4,8	5,5
8	25,4	20,6	38,1	29,8	3,0	3,0	2,4	2,4	5,4	5,4
10	25,8	19,8	29,7	32,4	3,6	3,9	3,2	2,6	6,7	6,5
Média	23,4	20,9	34,9	31,1	2,7	2,9	2,4	2,2	5,1	5,1
Teste F:										
Inoculação (a)	ns		ns		ns		ns		ns	
Doses (a)	*	ns	ns	ns	*	*	*	*	*	*
a × b	ns		ns		ns		ns		ns	
CV (%)	8,33	10,17	13,12	8,85	15,67	27,26	14,71	11,49	14,37	19,30

* e ns significativo e não significativo ($p \leq 0,05$). MFPA, massa fresca da parte aérea. MFR, massa fresca de raízes. MFT, massa fresca total.

Tabela 2. Densidade populacional de *Aphelenchoides besseyi* na massa fresca da parte aérea das plantas (MFPA), massa fresca de raízes (MFR), massa fresca total (MFT) e no substrato (3:1, areia e solo) em resposta às doses de calcário.

Calcário	MFPA	MFR	MFT	Substrato
t ha ⁻¹	(n)	(n)	(n)	(n)
0	8,6	2,7	14,4	3,1
2	9,8	3,5	14,1	0,8
4	9,6	2,2	14,2	2,4
6	6,7	0,8	10,0	2,6
8	4,6	0,9	9,7	4,2
10	9,3	0,8	10,8	0,8
Média	8,1	1,8	12,2	2,3
Teste F	ns	*	*	ns
CV (%)	31,78	29,40	21,22	27,28

* e ns significativo e não significativo ($p \leq 0,05$). Dados transformados com $\sqrt{(x+0,5)}$.

Conclusão

Independentemente da presença de fitonematoides, a aplicação de calcário no substrato aumentou a produção de MFPA, MFR e MFT. A densidade populacional de *A. besseyi* diminuiu na MFR e MFT, com o aumento das doses de calcário.

Referências

- ANDRADE, D. F. M.; LORETO, R. B.; MEYER, M. C.; FAVORETO, L.; FRANCA, P. P.; SILVA, S. A. Densidade populacional de *Aphelenchoides besseyi* na cultura da soja, em função de doses crescentes de calcário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 36., 2019, Caldas Novas. **Nematoides: da Ciência ao Campo**. [Anais, palestras e resumos]. Campinas: Infobibos, 2019. resumo 156.
- ARIEIRA, G. O. **Diversidade de nematoides em sistemas de culturas e manejo do solo**. 2012. 98 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue**. Ghent: State Nematology and Entomology Research Station, 1972. 77 p.

DEBIASI, H.; MORAES, M. T. de; FRANCHINI, J. C.; DIAS, W. P.; SILVA, J. F. V.; RIBAS, L. N. Monitoramento da fertilidade do solo e da ocorrência do nematoide das lesões radiculares em soja no Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas: anais**. Uberlândia: SBCS: UFU: ICIAG, 2011. 4 p.

FAVORETO, L.; SANTOS, J. M.; CALZAVARA, S. A.; LARA, L. A. Estudo fitossanitário, multiplicação e taxonomia de nematoides encontrados em sementes de gramíneas forrageiras no Brasil. **Nematologia Brasileira**, v. 5, p. 20-35, 2011.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v. 48, p. 692, 1964.

JESUS, D. S.; CARES, J. E. Gênero *Aphelenchoides*. In: OLIVEIRA, C. M. G.; SANTOS, M. A.; CASTRO, L. H. S. (Ed.). **Diagnose de fitonematoides**. Campinas: Millennium, 2016. p. 99-118.

MENDES, F. L.; ANTONIO, S. F.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; DIAS, W. P.; MORAES, M. T.; GOULART, A. M. C.; SILVA, J. F. V. Monitoramento de atributos químicos do solo e da ocorrência de *Pratylenchus brachyurus* em soja no Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 6., 2012, Cuiabá. **Soja: integração nacional e desenvolvimento sustentável: resumos**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 93, res. 148.

MEYER, M. C.; FAVORETO, L.; KLEPKER, D.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C. Soybean green stem and foliar retention syndrome caused by *Aphelenchoides besseyi*. **Tropical Plant Pathology**, v. 42, p. 403-409, 2017.

MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; VILLARINO, I.; NOGUEIRA, T. A. R. Differential response of soybean genotypes to two lime rates. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 63, p. 1-11, 2017.

PINHEIRO, J. B.; POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; MOREIRA, A. S.; ALVES, M. C.; CAMPOS, V. P. Influência da nutrição mineral na distribuição espacial do nematoide de cisto da soja. **Nematologia Brasileira**, v. 32, p. 270-278, 2008.

RODRIGHERO, M. B.; BARTH, G.; CAIRES, E. F. Aplicação superficial de calcário com diferentes teores de magnésio e granulometrias em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 6, p. 1723-1736, 2015.

Estudo do efeito nutricional da soja sobre a infecção por *Aphelenchoides besseyi*

LORETO, R. B.¹; DIAS, J. P.¹; MOREIRA, A.^{2,4}; MEYER, M. C.²; FAVORETO, L.³

¹Universidade Estadual de Londrina, Bolsista CAPES, Londrina, PR, rafaelabuenoloreto@gmail.com;

²Pesquisador, Embrapa Soja; ³Pesquisadora, EPAMIG Oeste, Uberaba, MG; ⁴Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

Introdução

Aphelenchoides besseyi é um parasita que ataca preferencialmente as partes aéreas de plantas. A sua presença tem apresentado destaque no cenário agrícola brasileiro, devido ao seu elevado potencial de danos às culturas, tais como a soja [*Glycine max* (L.) Merr.] e o algodão, (*Gossypium hirsutum* L.) em razão da sua capacidade de entrar em anidrobiose e sobreviver por longos períodos em ambientes desfavoráveis e, ainda, à ampla gama de hospedeiros (Favoreto; Meyer, 2019).

O hospedeiro mais importante do *Aphelenchoides besseyi* no mundo é o arroz (*Oryza sativa* L.), cujo parasitismo ocasiona a doença chamada “ponta-branca” (Kepenekci, 2013). Entretanto, no Brasil esse nematoide ficou conhecido popularmente como ‘soja louca II’ quando foi identificado como o agente etiológico da retenção foliar e haste verde em plantas de soja (Meyer et al., 2017).

Para o controle desse fitonematoide, a integração de medidas como a utilização de controle biológico e químico e a sucessão de culturas dentro do sistema, de forma a não aumentar a população presente na área, podem diminuir a incidência da doença (Favoreto; Meyer, 2019). Como citado anteriormente, os sintomas mais característicos de *A. besseyi* em plantas de soja são observados na parte aérea, tais como: hastes com deformações do tipo “caneluras” e engrossamento dos nós; afilamento e embolhamento do limbo foliar e engrossamento das nervuras de folhas mais novas; abortamento de flores e vagens, podendo eventualmente apresentar super brotamento; vagens remanescentes são deformadas e frequentemente apresentam lesões necróticas marrons (Meyer et al., 2017).

Até o momento, o efeito da condição nutricional da planta sobre as relações parasitárias de *A. besseyi* não são conhecidos. Porém, os nutrientes podem interferir nas plantas de forma direta ou indireta ao ataque de patógenos, reduzindo ou aumentando a severidade da doença, bem como modificar o ambiente do solo, favorecendo ou não a presença dos patógenos e induzir resistência ou tolerância na planta hospedeira (Zambolim et al., 2001; Dias et al., 2021).

As exigências nutricionais correspondem à quantidade total de nutrientes absorvidos e necessários para o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas. Os nutrientes têm funções essenciais e específicas nas plantas e, quando estão em deficiência ou em excesso, desencadeiam alterações em todo o metabolismo vegetal, influenciando na produtividade (Malavolta, 2006; Souza et al., 2012).

A infestação por nematoides ocorre em reboleiras, causando sintomas variados como redução do porte e amarelecimento das plantas, que se assemelham aos sintomas de deficiências nutricionais, tais como a falta do nitrogênio (N), do enxofre (S), do molibdênio (Mo) ou do ferro (Fe). Em algumas nematoses, as folhas apresentam manchas cloróticas e necroses entre as nervuras, semelhantes as deficiências de potássio (K), do magnésio (Mg), do cobre (Cu) ou do manganês (Mn). Além do abortamento de vagens semelhante a carência de boro (B) e de cálcio (Ca) (Malavolta et al., 1997; Dias et al., 2010).

Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência da omissão de nutrientes nos componentes fitotécnicos em plantas de soja na presença e ausência de *A. besseyi*.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em casa de vegetação na Embrapa Soja, com temperatura média de 24 °C (± 2 °C), nebulizações constantes de 15 segundos a cada 20 minutos. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo um fatorial 2×11 , com 11 tratamentos: controle (sem nutrientes), a nutrição completa e a omissão individual de N, P, K, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn com plantas inoculadas e não inoculadas pelo nematoide *A. besseyi*, com seis repetições.

A cultivar de soja utilizada foi a BRS 284, suscetível ao nematoide *A. besseyi*. O solo foi previamente autoclavado, preparado na proporção 3:1 (areia e argila) e acondicionado em vasos de 500 mL. Foram semeadas duas sementes por vaso e após 10 dias da emergência foi realizado o desbaste, deixando apenas uma planta. Em seguida, realizou-se a inoculação de 500 nematoides por vaso, depositando-se a suspensão em um orifício, com aproximadamente 2 cm de profundidade, aberto no solo, próximo ao colo da planta. Após 10 dias da inoculação dos nematoides foram aplicadas as soluções nutritivas contendo N, P, K, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, que foram previamente preparadas com as quantidades descritas em Malavolta (1980), para experimentos realizados em condições de casa de vegetação. Para cada tratamento foi omitido um nutriente específico.

Os nematoides foram obtidos a partir de uma população pura de *A. besseyi*, multiplicada em placas de Petri com colônias de *Fusarium* sp., com aproximadamente cinco dias de crescimento em meio de cultura com batata-dextrose-ágar (BDA) e mantidas em câmaras tipo BOD a 25 °C ($\pm 1^\circ\text{C}$) no escuro, por 30 dias (Favoreto et al., 2011). O inóculo foi obtido com a preparação de suspensão dos mesmos em água, coletando-se os nematoides, em peneiras de 25 μm , com a lavagem da parte interna das tampas das placas de Petri. Nos tratamentos sem inoculação de *A. besseyi* as plantas receberam água em vez da suspensão de nematoides na mesma proporção.

Após 40 dias da aplicação da solução nutritiva foram avaliadas a altura da planta (AP) e a massa fresca da parte aérea (MFPA). Para as avaliações nematológicas, a parte aérea foi seccionada acima do solo e processada pelo método descrito por Coolen e D'Herde (1972), sendo os nematoides quantificados em câmara de Peters, sob microscópio óptico, com aumento de 100x.

Anterior a análise confirmatória de variância (ANOVA) aos dados experimentais foi verificada a normalidade dos erros (Shapiro; Wilk, 1965), o teste F para os efeitos de tratamentos e as médias submetidas ao teste de Scott-Knott

Resultados e Discussão

A presença de *A. besseyi* ocasionou redução da altura das plantas nos tratamentos com omissão de N, P, Cu e sem nutrição, enquanto nos tratamen-

tos com ausência do nematoide, houve redução apenas quando houve a omissão de P (Tabela 1). Os tratamentos com omissão de P, S, B, Mn e Z não apresentaram diferenças significativas com a presença e a ausência do fitonematoide.

O N é o nutriente requisitado em maior quantidade pela cultura da soja (Bahry et al., 2013) e sua carência propicia redução no crescimento vegetal (Maia et al., 2014), portanto, esperava-se um maior efeito restritivo no desenvolvimento das plantas com a sua omissão, como observado. Na omissão de P, as plantas mostraram menor altura e menor MFPA e concorda com os resultados de Prado et al. (2010), em que os sintomas de carência de P observados se caracterizou por presença de plantas raquíticas. A omissão de Cu reduziu o crescimento das plantas e ocasionou encarquilhamento e clorose na margem das folhas, corroborando os resultados de Maia et al. (2014).

Para MFPA, os tratamentos com a presença de *A. besseyi*, observou-se que a omissão de N, P, K, Cu e controle se diferenciaram da nutrição completa. Na ausência do nematoide, apenas os tratamentos com omissão de P e Zn mostraram diferença estatística (Tabela 1). Na comparação da presença e a ausência do patógeno, os tratamentos com omissão de P, S, B, Mn, Zn não apresentaram diferença significativa.

Tabela 1. Componentes de crescimento [altura de planta (AP), massa fresca da parte aérea MFPA] da soja em resposta a presença (+) e ausência (-) e número de indivíduos de *Aphelenchoides besseyi*.

Tratamentos	AP		MFPA		<i>A. besseyi</i> total na MFPA
	(cm)		(g)		(n)
	(+)	(-)	(+)	(-)	
Sem nutrição	39,1 bB	85,3 aA	3,9 bB	6,3 aA	317 ^{ns}
Nutrição Completa	56,1 aB	101,3 aA	4,8 aB	6,8 aA	527
- N	42,3 bB	99,2 aA	4,3 bB	6,5 aA	263
- P	39,3 bA	47,8 bA	3,9 bA	4,5 bA	200
- K	56,7 aB	88,3 aA	4,7 bB	6,1 aA	230
- S	69,0 aA	88,8 aA	5,5 aA	6,1 aA	297
- B	64,0 aA	80,7 aA	5,0 aA	6,1 aA	238
- Cu	39,5 bB	91,0 aA	4,2 bB	6,4 aA	245

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Tratamentos	AP		MFPA		<i>A. besseyi</i> total na MFPA
	(cm)		(g)		(n)
	(+)	(-)	(+)	(-)	
- Fe	63,5 aB	90,5 aA	5,3 aB	6,4 aA	343
- Mn	58,5 aA	77,8 aA	5,1 aA	5,8 aA	312
- Zn	65,5 aA	83,3 aA	4,9 aA	5,3 bA	217
CV (%)	27,37%		16,79%		12,7%

*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$); ns = não significativo

O efeito da presença de nematoide sobre o estado nutricional das plantas foi verificado por Dias et al. (2021), que observaram redução significativa na MFPA na omissão do N e também por Barreto et al. (2017), ao relatarem a redução na MFPA do morangueiro nos tratamentos sem N, P e K. Carlos et al. (2014) evidenciaram que o distúrbio nutricional das plantas altera seu crescimento, desenvolvimento e características morfológicas específicas, como verificado com o Zn, cuja deficiência altera a formação do ácido indol-acético (AIA), ocasiona folhas mais estreitas e internódios curtos (Moreira et al.; 2018). Diferente do resultado obtido por Dias et al. (2021), com *M. javanica*, a omissão de Zn ocasionou clorose e redução da MFPA (Tabela 1). No estudo de disponibilidade de nutrientes por diagnóstico por subtração, Moreira et al. (2000) reportaram que o Zn foi o nutriente mais limitante no desenvolvimento do arroz (*Oryza sativa* L.).

A quantidade de *A. besseyi* na MFPA, não diferenciou estatisticamente entre os tratamentos (Tabela 1). Pode-se presumir que a omissão dos nutrientes não interfere na redução da atividade do nematoide, no entanto, o fornecimento dos nutrientes de forma equilibrada pode minimizar a severidade da doença (Ferraz et al., 2012).

Conclusão

A omissão de N, K, cálcio e Cu e a presença de *A. besseyi* influencia negativamente os componentes de crescimento da soja, fato esse não observado para os tratamentos -P, -S, -B, -Mn e -Zn. A aplicação de forma equilibrada

dos nutrientes necessários para o desenvolvimento da soja pode reduzir a severidade do ataque do nematoide *A. besseyi*.

Referências

BAHRY, C. A.; VENSKE, E.; NARDINO, M.; FIN, S. S.; ZIMMER, P. D.; SOUZA, V. Q.; CARON, B. O. Características morfológicas e componentes de rendimento da soja submetida à adubação nitrogenada. **Revista Agrarian**, v. 6, p. 281-288, 2013.

BARRETO, C. F.; SILVA, P. S.; NAVROSKI, R.; BENATI, J. A.; NAVA, G.; ANTUNES, L. E. C. Deficiência de nutrientes com efeitos no desenvolvimento de morangueiros. **Scientia Agraria**, v. 18, p. 63-71, 2017.

CARLOS, L.; VENTURIN, N.; MACEDO, R. L. G.; HIGASHIKAWA, E. M.; GARCIA, M. B.; FARIAS, E. S. Crescimento e nutrição mineral de mudas de pequi sob efeito da omissão de nutrientes. **Ciência Florestal**, v. 24, p. 13-21, 2014.

COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue**. Ghent: State Agriculture Research Center, 1972. 77 p.

DIAS, J. P.; DIAS, W. P.; LORETO, R. B.; FAVORETO, L. MORAES, L. A. C.; MOREIRA, A. Effects of nutrient omission on the reproduction of *Meloidogyne javanica* in soybean. **Journal of Plant Nutrition**, v. 44, p.1-10, 2021.

DIAS, W. P.; FREITAS, V. M.; RIBEIRO, N. R.; MOITA, A. W.; CARNEIRO, R. M. D. G. Reação de genótipos de milho a *Meloidogyne mayaguensis* e *M. ethiopica*. **Nematologia Brasileira**, v. 34, p. 98-105, 2010.

FAVORETO, L.; MEYER, M. C. Desvendando a Soja Louca II. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 36, 2019, Caldas Novas. **Nematoides: da ciência ao campo**. [Anais, palestras e resumos]. Campinas: Infobibos, 2019. 4 p.

FAVORETO, L.; SANTOS, J. M.; CALZAVARA, S. A.; LARA, L. A. Estudo fitossanitário, multiplicação e taxonomia de nematoides encontrados em sementes de gramíneas forrageiras no Brasil. **Nematologia Brasileira**, v. 5, p. 20-35, 2011.

FERRAZ, S.; FREITAS, L. G.; LOPES, E. A.; FREITAS, J. C. O. Características morfofisiológicas de plantas clonais de *Passiflora alata* crescidas em diferentes doses de nitrogênio e níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 859-872, 2012.

KEPENEKCI, I. El nematodo de la punta blanca del arroz (*Aphelenchoides besseyi*) em zonas de cultivo de arroz de Turquía. **Nematopica**, v. 43, p. 181-189, 2013.

MAIA, J. T. L.; BONFIM, F. P. G.; GUANABENS, R. E. M.; TRENTIN, R.; MARTINEZ, H. E. P.; PEREIRA, P. R. G.; FONTES, P. C. R. Omissão de nutrientes em plantas de pinhão-mansô cultivadas em solução nutritiva. **Ceres**, v. 61, p. 723-731, 2014.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MEYER, M. C.; FAVORETO, L.; KLEPKER, D.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C. Soybean green stem and foliar retention syndrome caused by *Aphelenchoides besseyi*. **Tropical Plant Pathology**, v. 42, p. 403-409, 2017.

MOREIRA, A.; FRANCHINI, J. C.; MORAES, L. A. C.; MALAVOLTA, E. Disponibilidade de nutrientes em Vertissolo calcário. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n.10, p. 2107-2113, 2000.

MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; REIS, A. R. The molecular genetics of zinc uptake and utilization efficiency in crop plants. In: HOSSAIN, M. A.; KAMIYA, T.; BURRITT, D. J.; TRAN, L. S. P.; FUJIWARA, T. (Eds.). **Plant micronutrients use efficiency: molecular and genomic perspectives in crop plants**. London: Elsevier/Academic Press, 2018, p. 87-108.

PRADO, R. M.; FRANCO, C. F.; PUGA, A. P. Deficiências de macronutrientes em plantas de soja cv. BRSMG 68 (Vencedora) cultivada em solução nutritiva. **Comunicata Scientiae**, v. 1, n. 2, p. 114-119, 2010.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test of normality. **Biometrika**, v. 52, p. 591-611, 1965.

ZAMBOLIM, L.; COSTA, H.; VALE, F. X. R. Efeito da nutrição mineral sobre doenças de plantas causadas por patógenos de solo. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manejo integrado fitossanidade: cultivo protegido, pivô central e plantio direto**. Viçosa: UFV, 2001. p. 347-408.

Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol cultivados em segunda safra, 2019 e 2020

OLIVEIRA, K. F. de¹; CARVALHO, C. G. P. de²; AMABILE, R. F.³; ANSELMO, J. L.⁴; GODINHO, V. de P. C.⁵; RAMOS, N. P.⁶; ALMEIDA, I. L. de⁷; FAGIOLI, M.⁸; SOUZA, V. A. C.⁹; ZORZO, F.¹⁰

¹Unopar, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR, kawoliver23@gmail.com; ²Pesquisador, Embrapa Soja; ³Pesquisador, Embrapa Cerrados; ⁴Pesquisador, Fundação Chapadão; ⁵Pesquisador, Embrapa Rondônia; ⁶Pesquisadora, Embrapa Meio Ambiente; ⁷Analista, Embrapa Cerrados; ⁸Professor, UnB; ⁹Pesquisadora, CATI; ¹⁰Pesquisador, Agrícola Wehrmann.

Introdução

Dos aquênios de girassol (*Helianthus annuus*), extrai-se um produto de alta qualidade destinado às indústrias de alimentos e ao consumo humano, na forma de óleo refinado. Os tipos mais comuns de óleo de girassol refinado disponíveis no mercado brasileiro são: o tradicional (rico em ácido linoleico) e o tipo alto oleico, com teor de ácido oleico acima de 80% (Miller et al., 1987).

O consumo de óleo rico em ácido graxo linoleico ou oleico auxiliam na redução do LDL-colesterol (Farvid et al., 2014). Além dos benefícios a saúde, o ácido oleico confere aos óleos vegetais maior estabilidade oxidativa durante os processos de refino e de estocagem, e em sua utilização em frituras (Miller et al., 1987).

Apesar de sua importância, o girassol é pouco cultivado no Brasil (Conab, 2021). Para a expansão do seu cultivo é necessário a disponibilidade de cultivares adaptadas às condições de cultivo do país. Por ser uma espécie alógama, os programas de melhoramento desenvolvem híbridos como cultivares, para aproveitar a heterose presente nos mesmos. Devido a presença de interação genótipo x ambiente, faz-se necessário a avaliação do desempenho agrônômico desses híbridos, nas diferentes regiões produtoras ou potenciais. Nessa avaliação, procura-se selecionar cultivares com ampla adaptabilidade e boa estabilidade (Cruz; Carneiro, 2006).

A avaliação e a seleção de genótipos de girassol de diferentes empresas no Brasil são realizadas pela Rede de Ensaios de Avaliação de Genótipos de Girassol, coordenada pela Embrapa Soja e que conta com a participação de diversas instituições públicas e privadas. Os ensaios são principalmente conduzidos em segunda safra de verão, em razão da ocorrência de condições pluviométricas (200 mm a 600 mm) e de temperaturas adequadas (20 °C a 28 °C) para o seu cultivo (Castro; Leite, 2018).

Este trabalho teve como objetivo estudar a adaptabilidade e a estabilidade de híbridos de girassol, quanto a rendimento de grãos e de óleo, cultivados nas condições de segunda safra brasileira, em 2019 e 2020.

Material e Métodos

Dados de rendimento de grãos e de óleo (kg ha^{-1}) obtidos entre os anos de 2019 e 2020 foram analisados em experimentos pertencentes à Rede de Ensaios de Avaliação de Genótipos de Girassol.

Em 2019, os locais (instituições responsáveis) onde foram conduzidos os ensaios foram Manduri - SP (CATI), Espírito Santo do Pinhal - SP (Embrapa Meio Ambiente), Chapadão do Sul - MS (Fundação Chapadão), Cristalina - GO (Embrapa Cerrados), Planaltina - DF (Embrapa Cerrados), Recanto das Emas - DF (Embrapa Cerrados), Vargem Bonita - DF (UnB) e Vilhena - RO, Ensaio A e Ensaio B (Embrapa Rondônia). Em 2020, os locais (instituições responsáveis) onde foram conduzidos os ensaios foram Campo Novo do Parecis - MT (Campus da IFMT), Recanto das Emas - DF (Embrapa Cerrados), Planaltina - DF (Embrapa Cerrados), Vargem Bonita - DF (UnB) e Vilhena - RO, Ensaio A, Ensaio B e Ensaio C (Embrapa Rondônia).

Os ensaios foram semeados em delineamento experimental de blocos completos ao acaso, com quatro repetições. Cada parcela foi constituída por quatro linhas de 6,0 m espaçadas de 0,45 m. As duas linhas externas de cada parcela (bordaduras) foram descartadas, assim como 0,5 m de cada extremidade das duas linhas centrais. Todos os tratamentos culturais recomendados foram realizados para possibilitar o melhor desenvolvimento das plantas, conforme Castro e Leite (2018).

Análise de variância em esquema fatorial foi realizada para rendimento de grãos e de óleo, a 1% e 5% de probabilidade. Verificou-se previamente a existência de homogeneidade de variâncias residuais das análises de cada local, quando a razão entre o maior e o menor quadrado médio residual foi inferior a sete (Pimentel-Gomes, 2009).

O estudo de adaptabilidade e estabilidade dos híbridos, quanto a rendimento de grãos e de óleo, foi feito com base no método de Eberhart e Russell (1966), que considera como genótipo ideal aquele que apresenta alto rendimento, adaptabilidade geral ($\beta_{1i} = 1$) e alta previsibilidade ($\sigma_{\beta}^2 = 0$). A superioridade dos híbridos tipos em rendimento foi verificada por meio do teste de Scott & Knott, a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Nas análises de variância conjuntas para rendimentos de grãos e de óleo, diferenças ($p < 0,01$) entre os híbridos e interação genótipo x ambiente significativas foram observadas pelo teste F (Tabela 1), o que indica que a diferença no comportamento entre híbridos variou em função do ambiente avaliado e, por consequência, justifica a necessidade de estudos de adaptabilidade e estabilidade dos mesmos para verificar os seus comportamentos frente às variações ambientais. Os dados experimentais obtidos, em 2020, dos ensaios conduzidos em Campo Novo do Parecis e Vilhena – Ensaios A, não foram considerados nas análises de variância devido aos seus elevados quadrados médios residuais. O coeficiente de variação da análise conjunta foi de 9,2% para rendimento de grãos e 10,3% para rendimento de óleo, o que sugere uma precisão experimental satisfatória, segundo a classificação de Pimentel-Gomes (2009).

Tabela 1. Análise de variância conjunta de rendimento de grãos e de óleo de híbridos de girassol, obtidos de ensaios conduzidos em 2019 em Manduri e Espírito Santo do Pinhal (SP), Chapadão do Sul (MS), Cristalina (GO), Planaltina, Recanto das Emas e Vargem Bonita (DF) e Vilhena (RO) – Ensaio A e Ensaio B e de ensaios conduzidos em 2020, em Recanto das Emas, Planaltina e Vargem Bonita (DF) e Vilhena, RO – Ensaio B e Ensaio C.

Fonte de variação	G.L.	Quadrado Médio	
		Rendimento de grãos	Rendimento de óleo
Bloco/ambiente	42	72.259,9	17.225,0
Genótipo (G)	13	1.462.073,8**	137.199,2**
Local (L)	13	2.5816.684,0**	5.580.569,1**
G x L	169	295.717,9**	51.983,8**
Resíduo	546	49.862,7	10.191,3
Média		2.411,7	972,6
C.V.(%) ^{1/}		9,2	10,3

^{1/} C.V. (%): coeficiente de variação.

Os híbridos BRS G63, BRS G62, BRSG64 e BRSG69 apresentaram os maiores rendimentos de grãos nos ensaios, sendo o rendimento do BRS G63 superior aos das testemunhas BRS 323, Aguará 06 e Helio 250. Os híbridos BRS G63, BRS G62 e BRSG64 são girassóis tradicionais (óleo rico em ácido graxos oleico) e o BRS G69 é um híbrido alto oleico (óleo com teor de ácido oleico acima de 80%). Os dois parentais desse híbrido alto oleico foram desenvolvidos especificamente para as condições brasileiras de cultivo. Atualmente, não há registrado no MAPA (Brasil, 2021) um híbrido alto oleico cujos parentais tenham sido desenvolvidos no Brasil.

No estudo de adaptabilidade e estabilidade, os híbridos BRS G63, BRSG64 e BRSG69 mostraram adaptabilidade geral ou ampla ($\beta_{1i} = 1$) (Tabela 2), conforme Eberhart e Russell (1966). Mesmo apresentando σ_{ϵ}^2 diferente de zero, o coeficiente de determinação da regressão (R^2) foi acima de 80% para os três híbridos, mostrando que os mesmos apresentam estabilidade satisfatória. O híbrido BRS G52 mostrou adaptabilidade a ambientes desfavoráveis ($\beta_{1i} < 1$) e R^2 acima de 80%.

Quanto a rendimento de óleo, os híbridos BRS G63 e BRS G62 apresentaram os melhores desempenhos, similares ao da testemunha Aguará 06 (Tabela 2). Esses híbridos mostraram adaptabilidade geral ($\beta_{ii} = 1$) e estabilidade satisfatória ($R^2 > 91\%$). O híbrido alto oleico BRS G69 teve rendimento de óleo similar ao da testemunha BRS 323 e superior ao do Helio 250. O híbrido alto oleico mostrou adaptabilidade a ambientes desfavoráveis e estabilidade satisfatória ($R^2 = 90.8\%$).

Tabela 2. Parâmetros de estabilidade e adaptabilidade de híbridos de girassol, obtidos por meio dos métodos de Eberhart e Russell (1966), em ensaios conduzidos em 2019 e 2020.

Genótipo	Rendimento de grãos (kg/ha)				Rendimento de óleo (kg/ha)					
	Média (β_0) ^{2/}	β_1	S ² d	R ² (%)	Média (β_0) ^{2/}	β_1	S ² d	R ² (%)		
BRS G63	2.668,9	a	0,92 ^{ns}	57.815,2**	85,8	1.068,3	a	0,98 ^{ns}	7.428,3**	91,3
BRS G62	2.596,5	ab	0,87**	45.622,9**	86,8	1.016,4	abc	0,93 ^{ns}	6.040,9**	91,6
BRS G64	2.572,0	ab	0,93 ^{ns}	5.714,8 ^{ns}	96,0	1.003,1	bcd	0,94 ^{ns}	71,1 ^{ns}	97,3
BRS G69	2.553,9	ab	0,93 ^{ns}	46.554,3**	88,0	972,4	cde	0,88**	5.859,7	90,8
BRS 323 ^{1/}	2.533,8	b	1,05 ^{ns}	22.442,9**	94,1	987,1	bcde	1,01 ^{ns}	3.606,9**	94,7
Aguará 06 ^{1/}	2.515,4	bc	0,88*	369.688,5**	50,5	1.037,8	ab	0,95 ^{ns}	68.792,0	57,9
BRS G72	2.400,7	cd	1,07 ^{ns}	12.779,0*	95,7	949,5	def	1,03 ^{ns}	1.313,2	96,7
BRS G70	2.372,7	d	1,10*	16.992,6**	95,4	986,6	bcde	1,15**	4.534,7	95,3
BRS G66	2.307,4	de	1,02 ^{ns}	24.933,5**	93,3	943,0	ef	1,02 ^{ns}	3.839,2**	94,6
BRS G65	2.305,4	de	1,00 ^{ns}	-1.252,0 ^{ns}	97,8	935,7	ef	0,94 ^{ns}	-604,9 ^{ns}	98,0
BRS G67	2.298,9	de	1,05 ^{ns}	63.338,3**	87,9	981,9	bcde	1,06 ^{ns}	11.628,8**	89,6
BRS G68	2.294,4	de	1,12**	43.419,9**	91,8	938,2	ef	1,10*	8.318,4**	92,3
BRS G71	2.206,5	ef	0,99 ^{ns}	31.719,5**	91,7	904,7	f	1,03 ^{ns}	7.673,8	91,8
Helio 250 ^{1/}	2.137,7	f	1,00 ^{ns}	85.797,1**	83,7	891,7	f	0,92 ^{ns}	10.738,0	87,4

^{1/} Testemunha do ensaio e ^{2/} Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Conclusão

Os híbridos tradicionais BRS G63 e BRS G62 apresentam alto rendimento de grãos e de óleo na semeadura de segunda safra de verão brasileira. O BRS G63 mostra adaptabilidade geral e estabilidade satisfatória para esses dois componentes de rendimento e o híbrido BRS G62 mostra adaptabilidade a ambientes desfavoráveis para rendimento de grãos e adaptabilidade geral para rendimento de óleo. Para esses dois componentes de rendimento, o híbrido tem estabilidade satisfatória.

O híbrido alto oleico BRS G69 mostra alto rendimento de grãos na semeadura de segunda safra de verão brasileira, com adaptabilidade geral e estabilidade satisfatória. Para rendimento de óleo, ele apresenta bom desempenho, adaptabilidade a ambientes desfavoráveis e estabilidade satisfatória.

Referências

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Registro Nacional de Cultivares**. [2021]. Disponível em: http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php. Acesso em: 10 jun. 2021.
- CASTRO, C. de; LEITE, R. M. V. B. de C. Main aspects of sunflower production in Brazil. **Oilseeds and fats, Crops and Lipids**, v. 25, n. 1, D104, 2018. 11 p.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: safra 2020/2021, 4º. levantamento**, jan. 2021. 85 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra/graos>. Acesso em: 10 jun. 2021.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2006. 585 p.
- EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v. 6, p. 36-40, 1966.
- FARVID, M. S.; DING, M.; PAN, A.; SUN, Q.; CHIUVE, S. E.; STEFFEN, L. M.; WILLETT, W. C.; HU, F. B. Dietary linoleic acid and risk of coronary heart disease: a systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. **Circulation**, v. 130, p. 1568-1578, 2014.
- MILLER, J. F.; ZIMMERMAN, D. C.; VICK, B. A. Genetic control of high oleic acid content in sunflower oil. **Crop Science**, v. 27, p. 923-926, 1987.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: Fealq, 2009. 451 p.

Avaliação da eficiência de fungicidas para o controle de doenças de final de ciclo em Londrina, PR

SOUZA, G. C.¹; LIMA JUNIOR, A. R. de²; GODOY, C. V.³

¹Universidade Norte do Paraná, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR, gabriela.souza@colaborador.embrapa.br; ²Universidade Norte do Paraná, Bolsista CNPq; ³Pesquisadora, Embrapa Soja

Introdução

As doenças de final de ciclo são formadas pelo complexo crestamento foliar de *Cercospora* (*Cercospora* spp.) e mancha-parda ou septoriose (*Septoria glycines*). Ambas as doenças estão disseminadas por todas as regiões produtoras de soja do país. Sintomas de mancha-parda aparecem cerca de duas semanas após a emergência, como pequenas pontuações ou manchas de contornos angulares, castanho-avermelhadas, nas folhas unifolioladas (Godoy et al., 2016). Em situações favoráveis, a doença pode atingir os primeiros trifólios e causar severa desfolha. No entanto, o efeito mais severo do complexo de doenças de final de ciclo é mais visível após os estádios de completa formação da vagem (R6) e início da maturação (R7.1) (Fehr; Caviness, 1977), em condições quentes e úmidas, provocando a desfolha precoce da cultura.

A predominância de uma ou de outra doença pode ser notada pela coloração das folhas na fase de maturação. Em ambos os casos, a mudança de coloração das folhas é seguida de rápida desfolha, enquanto as vagens ainda estão verdes, podendo causar redução de até 30% de produtividade. O controle das doenças de final de ciclo, com aplicações de fungicidas é recomendado a partir dos estádios R5.1 a R5.3, dependendo das condições climáticas (Godoy et al., 2016). Porém, nos últimos anos, reclamações de falhas de controle tem sido frequentes em razão da menor eficiência dos fungicidas.

Desta forma, o objetivo deste experimento foi avaliar a eficiência de diferentes fungicidas no controle das doenças de final de ciclo em Londrina, PR. Esse experimento faz parte da rede de fungicidas para controle de doenças de final de ciclo, realizados na safra 2020/2021.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em Londrina, PR, na fazenda experimental da Embrapa Soja (coordenadas 23°11'6"S, 51°10'31"W). A cultivar BMX Potência RR, grupo de maturação 6.7, hábito de crescimento indeterminado, foi semeada em 5 de novembro de 2020, em área com sistema de plantio direto, sobre palhada de aveia. As sementes foram tratadas com o fungicida Derosal Plus® (carbendazim) na dose de 200 mL p.c./100 kg semente e com o inseticida CropStar® (tiodicarbe), na dose de 200 mL p.c./100 kg semente. As primeiras aplicações dos tratamentos (Tabela 1) foram realizadas aos 77 dias após a semeadura (R2), na ausência de sintomas de doenças, com Fox Xpro 0,5 L/ha (bixafen 62,5 + protioconazol 87,5 + trifloxistrobina 75 g i.a./ha) + Áureo (0,25% v/v) em todos os tratamentos, com exceção do tratamento T1 (testemunha absoluta). O momento da primeira aplicação considerou o monitoramento de doenças, de modo que as aplicações do experimento não ocorressem antes de R4. As aplicações dos tratamentos do ensaio para doenças de final de ciclo foram iniciadas em 21/01/2021 (R4) e repetidas após 18 dias (R5.3), em 08/02/2021.

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 0,5 m, considerando-se as quatro linhas centrais como área útil para a aplicação dos tratamentos e para as avaliações.

Foram realizadas avaliações periódicas da severidade das doenças que incidiram no ensaio. As avaliações foram realizadas estimando a severidade nos terços inferior, médio e superior do dossel das plantas com auxílio de escalas diagramáticas, em quatro pontos ao acaso na área útil das parcelas, sendo a média utilizada como a média de severidade da parcela. Quando foi observada desfolha causada pela ferrugem-asiática, a severidade foi estimada em 100% para o terço desfolhado para compor a média da parcela. A porcentagem de controle foi estimada em relação à testemunha não tratada com fungicida.

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

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

Tabela 1. Tratamentos, doses em kg de produto comercial (p.c.)/ha e g de ingrediente ativo (i.a.)/ha e época de aplicação (A - 77 dias após a semeadura (R2) Fox Xpro; B - 14 dias após a aplicação A (R4) e C - 18 dias após aplicação B (R5.3)).

TRATAMENTOS Produto comercial (ingrediente ativo i.a.)	DOSE		Época de aplicação
	l-kg p.c./ha	g i.a./ha	
1. TESTEMUNHA	-	-	
2. TESTEMUNHA APL INICIAIS	-	-	A
3. CYPRESS (difenoconazol & ciproconazol)	0,3	75 & 45	ABC
4. APROACH PRIMA ¹ (picoxistrobina & ciproconazol)	0,3	60 & 24	ABC
5. SPHEREMAX ² (trifloxistrobina & ciproconazol)	0,2	75 & 32	ABC
6. VESSARYA (picoxistrobina & benzovindiflupir)	0,6	60 & 30	ABC
7. PRISMA PLUS (difenoconazol)	0,2	50	ABC
8. FOLICUR (tebuconazol)	0,75	150	ABC
9. PREVINIL (clorotalonil)	1,5	1080	ABC
10. DIFERE (oxicloreto de cobre)	0,5	588	ABC
11. UNIZEB GOLD ³ (mancozebe)	1,5	1125	ABC

¹Adicionado Quild Oil 200 mL/ha. ²Adicionado Áureo 0,25% v/v. ³Adicionado Strides 0,25% v/v.

Resultados e Discussão

Foi observada a incidência de mancha-alvo, ferrugem-asiática e crestamento foliar de *Cercospora* no experimento. A mancha-alvo foi a primeira doença a incidir no experimento, sendo observada incidência nas folhas inferiores. Em R5.4, a severidade na testemunha sem fungicida (T1) foi de 7,7% e todos os tratamentos apresentaram severidade $\leq 2,1\%$ (Tabela 2). A aplicação com Fox Xpro, realizada aos 77 dias, foi eficiente no controle da mancha-alvo em todos os tratamentos e a doença não evoluiu no experimento.

Em R6, a doença que predominou foi a ferrugem-asiática. A severidade na testemunha foi de 32,8%. Todos os tratamentos apresentaram severidade inferior a testemunha sem fungicida. Somente a testemunha com a aplicação de Fox Xpro (T2) apresentou severidade superior aos tratamentos T5 a T11, não diferindo dos tratamentos T3 e T4 (Tabela 2).

Na avaliação de doença de final de ciclo o que predominou foi o crestamento foliar de *Cercospora*. A avaliação foi realizada próxima a R7, porém, em função da incidência de ferrugem, a testemunha sem fungicida apresentou desfolha precoce, não sendo possível realizar a avaliação no T1. A severidade na testemunha com a aplicação de Fox Xpro (T2 – 14%) não diferiu da severidade dos tratamentos 4 (picoxistrobina & ciproconazol) e 5 (trifloxistrobina & ciproconazol) (9,8%), com controle $\leq 30\%$. As menores severidades foram observadas para os tratamentos 9 (clorotalonil), 7 (difenoconazol), 10 (oxicloreto de cobre), 3 (difenoconazol & ciproconazol) e 11 (mancozebe). O tratamento com tebuconazol causou fitotoxicidade do tipo clorose internerval (folha carijó), dificultando a avaliação de doenças pela queima das folhas superiores.

Os tratamentos testemunha (T1 e T2) apresentaram 100% de desfolha na avaliação realizada em R7, pela incidência da ferrugem, não diferindo dos tratamentos 7 (difenoconazol) e 8 (tebuconazol). As menores desfolhas ocorreram nos tratamentos 9 (clorotalonil), 4 (picoxistrobina & ciproconazol), 6 (picoxistrobina & benzovindiflupir), 10 (oxicloreto de cobre) e 11 (mancozebe).

O único tratamento que diferenciou estatisticamente em produtividade foi o tratamento 3 (difenoconazol & ciproconazol), com menor produtividade (2.562 kg/ha) em relação ao tratamento 4 (picoxistrobina & ciproconazol),

com maior produtividade (3.139 kg/ha). Não houve relação entre a severidade do crestamento foliar de *Cercospora* e a produtividade, provavelmente pela baixa severidade e incidência tardia. A maior correlação foi observada entre a severidade de ferrugem-asiática e produtividade ($r=-0,58$).

Em razão da incidência de ferrugem-asiática esse experimento não foi considerado na análise conjunta dos experimentos de doenças de final de ciclo.

Conclusão

O experimento em Londrina apresentou baixa severidade de crestamento foliar de *Cercospora* (14% no T2) e incidência de ferrugem-asiática, sendo esta a principal doença que reduziu a produtividade.

A severidade de *Cercospora* na testemunha com a aplicação de Fox Xpro (T2 – 14%) não diferiu da severidade dos tratamentos 4 (picoxistrobina & ciproconazol) e 5 (trifloxistrobina & ciproconazol) (9,8%), com controle $\leq 30\%$. As menores severidades foram observadas para os tratamentos 9 (clorotalonil), 7 (difenoconazol), 10 (oxicloreto de cobre), 3 (difenoconazol & ciproconazol) e 11 (mancozebe).

O tratamento com tebuconazol causou fitotoxicidade do tipo clorose internerval (folha carijó), dificultando a avaliação de doenças pela queima das folhas.

Referências

- CANTERI, M. G.; ALTHAUS, R. A.; VIRGENS FILHO, J. S.; GIGLIOTTI, E. A.; GODOY, C. V. SASM-Agri – Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v. 1, p. 18-24, 2001.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special report, 80).
- GODOY, C. V.; 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. T.; FERREIRA, L. P.; SILVA, J. F. V.; Doenças da soja. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Org.). **Manual de fitopatologia**: v. 2. Doenças das plantas cultivadas. 5. ed. São Paulo: Ceres, 2016. p. 657- 675.

Tabela 2. Severidade de mancha-alvo (R5.4), severidade de ferrugem (R6) e severidade de cercospora (R7). Desfolha e produtividade para os diferentes tratamentos. Londrina, PR, safra 2020/2021.

TRATAMENTOS	DOSE l.kg p.c./ ha	M.ALVO SEV (R5.4) %C	FERR SEV (R6) %C	CERC SEV (R7) %C	DESFOLHA	PROD (kg/ ha)
1. TESTEMUNHA	-	7,7	32,8	a	100	2585
2. TESTEMUNHA APL INICIAIS	-	2,1	7,1	b	100	2632
3. CYPRESS (difenoconazol & ciproconazol)	0,3	1,2	4,7	bc	62	2562
4. APROACH PRIMA ¹ (picoxistrobina & ciproconazol)	0,3	1,2	3,4	bc	80	3139
5. SPHEREMAX ² (trifloxistrobina & ciproconazol)	0,2	1,9	2,2	c	89	3032
6. VESSARYA (picoxistrobina & benzovindiflupir)	0,6	1,8	2,6	c	81	3115
7. PRISMA PLUS (difenoconazol)	0,2	1,2	2,7	c	92	3015
8. FOLICUR (tebuconazol)	0,75	1,5	3,0	c	96	2938
9. PREVINIL (clorotalonil)	1,5	1,3	1,5	c	77	3108
10. DIFERE (oxicloreto de cobre)	0,5	1,7	2,2	c	84	2868
11. UNIZEB GOLD ³ (mancozebe)	1,5	1,0	2,3	c	85	2880
C.V.%		40,37	26,75	%	3,75	7,82

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (ps0,05). ¹Adicionado Quilid Oil 200 mL/ha. ²Adicionado Aureo 0,25% v/v.

³Adicionado Strides 0,25% v/v.

Novos aspectos da interação *Pratylenchus brachyurus*-soja baseados na predição das proteínas-alvo no hospedeiro

NOMURA, R. B. G.¹; LOPES-CAITAR, V. S.²; HISHINUMA-SILVA, S. M.³; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C.⁴

¹UEL, Departamento de Bioquímica e Biotecnologia, Londrina, PR, rafaeltuayato@gmail.com; ²Department of Plant Sciences, University of Tennessee, Knoxville, Tennessee, EUA; ³Pós-doutorado, Laboratório de Biotecnologia Vegetal, Embrapa Soja; ⁴Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

O nematoide causador das lesões radiculares *Pratylenchus brachyurus* ocupa atualmente o segundo lugar em relação aos impactos econômicos causados a diversas culturas agrícolas no Brasil (Goulart, 2008; Brum et al., 2019) e vem sendo motivo de grande preocupação no Brasil, especialmente pelas dificuldades encontradas para o seu controle, e pela alta ocorrência em regiões produtoras de soja, o principal produto agrícola brasileiro (Franchini et al., 2014). A rotação de culturas é bastante dificultada por se tratar de uma espécie altamente polífaga (Ferraz et al., 2010), e a utilização de nematicidas químicos, além da baixa eficiência, apresenta riscos de contaminação humana, animal e ambiental.

O sucesso do parasitismo de fitonematoides é dependente de sua capacidade em estabelecer uma relação com seu hospedeiro através da secreção de proteínas efetoras no momento da infecção, que possuem diversas funções associadas, como o rompimento das barreiras físicas e inibição da resposta de defesa, potencializando ainda sua capacidade infectiva. Dessa forma, o entendimento dos mecanismos envolvidos na interação planta-patógeno através da identificação desses efetores é importante para o desenvolvimento de estratégias alternativas para o controle desses patógenos, como aquelas baseadas em ferramentas biotecnológicas, que possibilitem o aumento da produtividade e a redução dos impactos causados pelo uso de nematicidas.

Lopes-Caitar (2018) em análise de RNAseq da interação do nematoide e a soja, realizou a predição do transcriptoma, secretoma e de candidatos a efetores desse nematoide na interação com o hospedeiro. Como resultado,

foram obtidos 115 candidatos com potencial de serem efetores secretados. Destes, ao menos sete apresentam elevado potencial de serem secretados e participarem efetivamente do parasitismo desse nematoide, sendo que 3 se apresentaram importantes para o parasitismo desse nematoide, visto que, quando silenciados via estratégias de RNA interferente, comprometeram significativamente sua taxa reprodutiva em plantas de soja (Nomura, 2021).

Além da identificação das proteínas do patógeno que estão relacionadas a sua capacidade infectiva, estudos envolvendo a identificação das proteínas-alvo no hospedeiro podem ampliar o entendimento dos mecanismos envolvidos na interação patógeno-hospedeiro, além de fornecer novas possibilidades de abordagem para o controle destes organismos (Gassmann; Bhattacharjee, 2012).

Estudos de interação proteína-proteína são realizados por diferentes metodologias, tais como o ensaio do duplo-híbrido em levedura (Yeast Two-Hybrid – Y2H), co-imunoprecipitação (Co-IP) e BiFC (Fields; Song, 1989; Kerppola, 2008), que vem possibilitando a identificação de alvos de proteínas importantes a diferentes fitopatógenos, incluindo alvos de efetores de fitonematoídes (Yang et al., 2019a).

Além das ferramentas descritas, estratégias *in silico* visando a predição de interações proteína-proteína através de ferramentas de bioinformática também são aplicadas e vem fornecendo “insights” no mecanismo de ação de diferentes organismos em seus hospedeiros (Shah; Chen, 2021).

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo, realizar predição das proteínas-alvo de cinco candidatos a efetores de *P. brachyurus* na soja.

Material e Métodos

Predição das proteínas-alvo de candidatos a efetores na soja

A predição dos alvos dos candidatos a efetores no hospedeiro (soja) foi realizada pelo software InterSPPI-AraPathogen, aplicando os parâmetros “all host (*Arabidopsis thaliana*) proteins” com 0.97 de especificidade (Yang, et

al., 2019b). Após a identificação das proteínas em *A. thaliana*, foi realizada a busca pelos ortólogos na soja através do Phytozome12-Biomart¹.

Os candidatos a efetores foram obtidos em trabalho de RNAseq da interação *P. brachyurus*/soja (Lopes-Caitar, 2018). Os cinco candidatos foram preditos como tendo elevado potencial de serem secretados durante o parasitismo e de participarem diretamente do processo infeccioso no hospedeiro e foram anotados como unknown (PB1365), β 1,4-endoglucanase (PB1953), cellulase-8 (PB3189), 14-3-3 protein (PB6584) e LGMN (PB6638).

Anotação funcional (Gene ontology), domínios e rotas metabólicas

As proteínas-alvo preditas foram mapeadas com base em sua anotação (Gene ontology), nas categorias Processo Biológico, Função Molecular e Componente Celular através do software Omicsbox aplicando os parâmetros padrão. A fim de expandir o alcance dos GO terms e garantir a consistência das diferentes proteínas, foi aplicado o parâmetro de nível 2. A busca por domínios foi realizada via InterProScan.

Já a busca por possíveis rotas metabólicas afetadas foi realizada pelo software KEGG (Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes). Para isso, as KEGG IDs dos genes preditos foram obtidas no banco de dados Phytozome12-Biomart² e submetidos ao KEGG Mapper³.

Rede de interações proteína-proteína

Para identificar uma possível rede de interações proteína-proteína entre os alvos preditos, foi utilizado o software String (versão 11.0) aplicando a opção “busca por múltiplas proteínas”. A fim de selecionar somente as interações significativas, foi aplicado o filtro “high confidence cutoff (0.7)”, na categoria “minimum required interaction score”.

¹ <https://phytozome.jgi.doe.gov/biomart>

² <https://phytozome.jgi.doe.gov/biomart/martview>

³ https://www.genome.jp/kegg/tool/map_pathway1.html

Resultados e Discussão

Após a predição das proteínas-alvo para cada candidato a efetor, as sequências redundantes foram removidas, e as proteínas restantes foram concatenadas em um único painel contendo 302 sequências únicas.

Para a identificação de proteínas com potencial de serem associadas ao processo infeccioso de *P. brachyurus*, foi realizada a anotação funcional através de Gene Ontology (GO) para todas as proteínas preditas, que foram então mapeadas nas categorias de Processo Biológico, Função Molecular e Componente Celular (Tabela 1). Na categoria Processo Biológico, termo mais abundante foi “response to stress”. Outros termos que também incluem “anatomical structure development”, “signal transduction” e “immune system process”. Em Função Molecular, o termo mais abundante foi “DNA binding”. Já na categoria Componente Celular, o termo mais presente foi “nucleus”.

Tabela 1. Top 10 GO terms obtidos a partir do painel de 302 potenciais proteínas-alvo preditas.

Processo biológico	#Seqs	Função molecular	#Seqs	Componente celular	#Seqs
response to stress	159	DNA binding	88	nucleus	113
Reproduction	147	DNA-binding transcription factor activity	63	cytosol	91
biosynthetic process	127	molecular_function	59	protein-containing complex	82
cellular nitrogen compound metabolic process	107	enzyme binding	54	plasma membrane	78
cell differentiation	103	ion binding	47	nucleoplasm	50
anatomical structure development	100	transcription factor binding	25	cytoskeleton	36
signal transduction	95	cytoskeletal protein binding	24	endosome	30
cellular protein modification process	69	mRNA binding	16	Plastid	30
immune system process	61	lipid binding	16	mitochondrion	29
embryo development	60	protein-macromolecule adaptor activity	14	endoplasmic reticulum	29

A busca por domínios através da ferramenta InterProScan revelou a ocorrência de 106 domínios. Dentre eles, o domínio Zinc finger, RING-type (IPR001841) foi o mais abundante, seguido de Myc-type, basic helix-loop-helix (bHLH) domain (IPR011598), Transcription factor TCP subgroup (IPR017887), Homeobox domain (IPR001356), SANT/Myb domain (IPR001005) e WD40-repeat-containing domain (IPR017986) (Figura 1A).

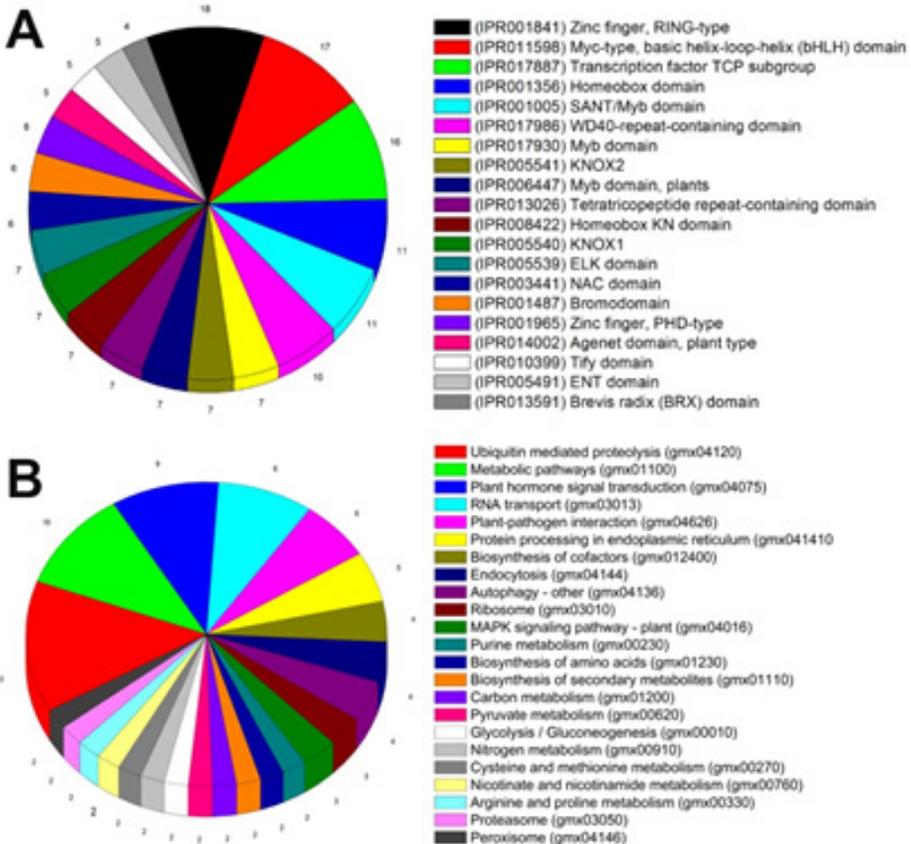


Figura 1. Domínios identificados entre as proteínas-alvo preditas (A); Rotas metabólicas identificadas entre as proteínas-alvo preditas (B).

A fim de se entender os possíveis mecanismos envolvidos na atividade dos candidates a efetores no tecido do hospedeiro, foi realizada a busca por rotas metabólicas, e dentre elas, Ubiquitin mediated proteolysis (gmx04120), seguido de Metabolic pathways (gmx01100) e Plant hormone signal transduc-

tion (gmx04075) foram os mais abundantes. Outras categorias relacionadas a defesa vegetal também foram identificadas, como plant-pathogen interaction (gmx04626), protein processing in endoplasmic reticulum (gmx04141), MAPK signaling pathway (gmx04016), proteasome (gmx03050) e peroxisome (gmx04146) (Figura 1B).

Através da análise de possíveis interações entre as proteínas preditas pelo software String, foi possível observar a ocorrência de “redes gênicas” envolvendo diferentes categorias funcionais que podem estar sendo afetadas por *P. brachyurus*, tais como proteínas relacionadas a fitormônios, regulação da expressão gênica, chaperonas, ubiquitinas, MAPK, entre outras (Figura 2).

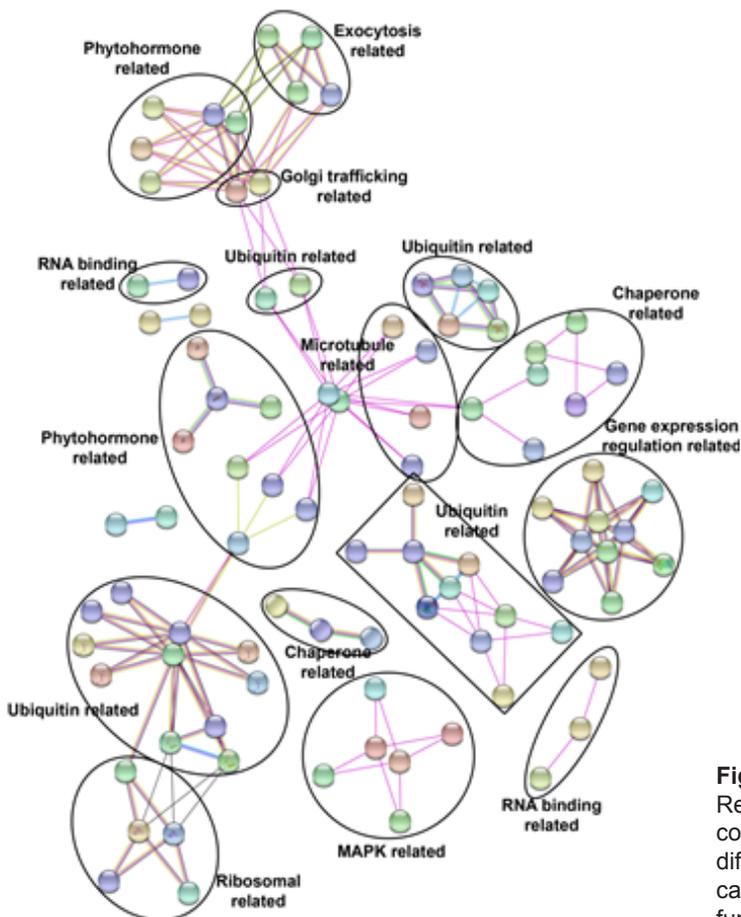


Figura 2. Rede gênica compreendendo diferentes categorias funcionais.

É de conhecimento que efetores estão diretamente envolvidos na manipulação de processos celulares do hospedeiro, como ciclo celular, expressão gênica e imunidade. A predição dos potenciais alvos dos efetores na soja revelou que *P. brachyurus* pode interferir tanto na resposta Imunidade Desencadeada por PAMPs (PTI) como Imunidade Desencadeada por Efetores (ETI) através da interação com proteínas conhecidamente relacionadas a defesa vegetal e já descrita como alvo de efetores em outras espécies, tais como as ubiquitinas relacionadas a proteólise, reguladores de fitormônios, proteínas de ligação ao cálcio, fatores de transcrição myb e chaperonas (HSP20) (Groll et al., 2008; Kim; Hwang, 2015).

Conclusão

Através das análises *in silico*, foi possível identificar diversas proteínas com potencial de serem afetadas por *P. brachyurus* durante o seu parasitismo, que necessitam de validação *in vivo*.

Referências

- BRUM, D.; MARCHI, P. M.; GONÇALVES, M. A.; CRUZ, F. F.; ANTUNES, L. E. C.; GOMES, C. B. Reaction of strawberry cultivars to root-knot and root-lesion nematodes. **Horticultura Brasileira**, v. 37, n. 1, p. 65-68, 2019.
- FERRAZ, S.; FREITAS, L. G. de; LOPES, E. A.; DIAS-ARIEIRA, C. R. (Ed.). **Manejo sustentável de fitonematóides**. Viçosa: Editora UFV, 2010. 304 p.
- FIELDS, S.; SONG, O.-K. A novel genetic system to detect protein-protein interactions. **Nature**, v. 340, n. 6230, p. 245-246, 1989.
- FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; DIAS, W. P.; RAMOS JUNIOR, E. U.; SILVA, J. F. V. Perda de produtividade da soja em área infestada por nematoide das lesões radiculares na região médio norte do Mato Grosso. In: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 274-278.
- GASSMANN, W.; BHATTACHARJEE, S. Effector-triggered immunity signaling: from gene-for-gene pathways to protein-protein interaction networks. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 25, n. 7, p. 862-868, 2012.
- GOULART, A. M. C. **Aspectos gerais sobre nematóides das lesões radiculares (gênero *Pratylenchus*)**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. (Embrapa Cerrados. Documentos, 219).

GROLL, M.; SCHELLENBERG, B.; BACHMANN, A.; ARCHER, C. R.; HUBER, R.; POWELL, T. K.; LINDOW, S.; KAISER, M.; DUDLER, R. A plant pathogen virulence factor inhibits the eukaryotic proteasome by a novel mechanism. **Nature**, v. 452, n. 7188, p. 755-758, 2008.

KERPPOLA, T. K. Bimolecular fluorescence complementation (BiFC) analysis as a probe of protein interactions in living cells. **Annual Review of Biophysics**, v. 37, p. 465-487, 2008.

KIM, N. H.; HWANG, B. K. Pepper heat shock protein 70a interacts with the type III effector AvrBsT and triggers plant cell death and immunity. **Plant Physiology**, v. 167, n. 2, p. 307-322, 2015.

LOPES-CAITAR, V. S. **Estudos moleculares do patossistema *Glycine max-Pratylenchus brachyurus*: de estratégias de infecção do patógeno e de defesa do hospedeiro, à interação proteína-proteína**. 2018. 105 f. Tese (Doutorado) - Genética e Biologia Molecular, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

NOMURA, R. B. G. **Análise funcional de candidatos a efetores de *Pratylenchus brachyurus* em soja via estratégias de RNAi e predição das proteínas-alvo no hospedeiro**. 2021. 169 f. Tese (Doutorado) - Genética e Biologia Molecular, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

SHAH, P.; CHEN, C.-S. Systematic identification of protein targets of Sub5 using *Saccharomyces cerevisiae* proteome microarrays. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 2, p. 760, 2021.

YANG, S.; LI, H.; HE, H.; ZHOU, Y.; ZHANG, Z. Critical assessment and performance improvement of plant-pathogen protein-protein interaction prediction methods. **Briefings in Bioinformatics**, v. 20, n. 1, p. 274-287, 2019b.

YANG, S.; PAN, L.; CHEN, Y.; YANG, D.; LIU, Q.; JIAN, H. *Heterodera avenae* GLAND5 effector interacts with Pyruvate Dehydrogenase Subunit of plant to promote nematode parasitism. **Frontiers in Microbiology**, v. 10, p. 1241, 2019a.

Efeito de doses e fontes de fertilizantes fosfatados com tecnologia agregada na área foliar de soja

FOLETTTO, R. L.¹; RAMOS JUNIOR, E. U.²; TARDIN, F.³

¹UFMT, bolsista PIBIC/CNPq, Sinop, MT; ²Pesquisador, Embrapa Soja, Sinop, MT; ³Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo.

Introdução

Dentre as partes de uma planta de soja (*Glycine max*), as folhas possuem papel fundamental por serem as responsáveis pela biossíntese de açúcares e aminoácidos resultantes da fotossíntese. Nesse sentido, plantas com maior área foliar (AF) tendem a apresentar maior quantidade de fotoassimilados, pois, por meio da área foliar é definida a capacidade do dossel em interceptar a radiação solar e convertê-la em matéria seca, sendo uma medida necessária para a maioria dos estudos agronômicos e fisiológicos envolvendo crescimento vegetal (Blanco; Folegatti, 2003; Battisti et al., 2013;) e considerada um parâmetro indicativo do potencial produtivo (Favarin et al., 2002).

A evolução da área foliar ao longo do desenvolvimento da cultura depende de diversos fatores como genótipo, época de semeadura, densidade de plantas, fertilidade, espaçamento entre linhas e manejo fitossanitário. Plantas com maiores áreas foliares toleram herbivoria em maior intensidade, elevando o nível de controle de dano e também o espectro de competição, pela maior capacidade de tolerância às perdas de área verde ou eficiência fotossintética sem uma queda significativa na produtividade (Bryson et al., 1997). A disponibilidade de elementos meteorológicos, provenientes da época de semeadura, determinam o período vegetativo e a emissão de ramificações nas cultivares de soja (Setiyono et al., 2007). O conhecimento do índice de área foliar (IAF) é útil na avaliação de práticas culturais como densidade de plantio, adubação, irrigação e aplicação de defensivos (Favarin et al., 2002; Tavares-Júnior et al., 2002). Com o aumento do IAF, até um valor crítico, aumenta-se a interceptação de luz e a fotossíntese líquida, quando a taxa de crescimento é decrescente, abaixo de um dado IAF e, não tendo mais uma contribuição líquida ao acúmulo de fotossintetizados, será denominado “IAF ótimo” (Müller, 1981).

A produção de AF pode ser correlacionada com a biomassa da cultura, que está intimamente ligado com a disponibilidade nutrientes às plantas, seja a partir da fertilidade natural dos solos ou por meio de adubações. Uma planta bem nutrida será retentora de um dossel avantajado, levando a maiores produções de assimilados. Tendo a fertilidade como ponto chave, observa-se que os solos tropicais do Brasil por sua maioria são pobres em fósforo (Novais; Smyth, 1999), e a baixa disponibilidade deste nutriente no solo leva os agricultores a buscarem novas tecnologias e formas de manejo para elevar a eficiência de utilização dos fertilizantes fosfatados e, conseqüentemente a fertilidade dos solos e a produtividade da soja.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a resposta da soja na formação de área foliar em função da aplicação de doses e fontes de fósforo com diferentes tecnologias agregadas.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na fazenda São Roque, em Sinop - MT, por dois anos consecutivos, iniciando-se na safra 2019/2020. A classificação climática da região é AW. O solo da região é classificado como um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico. O experimento foi instalado em área de primeiro ano de cultivo, com baixa fertilidade natural e teor de fósforo muito baixo ($<6,0 \text{ mg dm}^{-3}$). Adotou-se o esquema fatorial 3×3 (3 fontes \times 3 doses) + 1 testemunha adicional, com 4 repetições. As parcelas foram de 8 linhas de 7 metros, com espaçamento de 0,5 metros (28 m^2). Os demais nutrientes presentes foram balanceados para não influenciar nos resultados. Todas as práticas culturais seguiram o padrão da fazenda.

Os fertilizantes foram aplicados no sulco de semeadura e o potássio a lanço, de forma homogênea, em V4. As fontes de P avaliadas foram: MAP (fosfato monoamônico), contendo 52% P_2O_5 ; ORGANOPHOS (ORG), contendo 26% de P_2O_5 e o TOP-PHOS (TOP), com 28 % de P_2O_5 , nas doses de 60, 120, 180 kg/ha de P_2O_5 , além de uma testemunha, sem aplicação de fertilizante. Os fertilizantes foram aplicados nas mesmas doses e locais de forma consecutivamente nas duas safras agrícolas.

Na safra 2020/2021, foi utilizada a cultivar HO JURUENA 84185 RSF IPRO, com grupo de maturidade 8.7 e crescimento determinado, com semeadura

em 26/10/2020 e colheita de amostras em 14/12/2020. Para a análise de área foliar, foram coletadas 10 plantas, sendo 5 plantas consecutivas em duas linhas distintas da parcela, por meio de método direto destrutivo. Após a coleta, as amostras foram avaliadas em um medidor de área foliar (Li-Cor 3100), estimando-se a área pelo princípio de células de grade de área conhecida.

Métodos estatísticos

Foi realizada a análise de variância para fatorial versus testemunha e observou-se a diferença entre médias. Para analisar possível efeito de adubação, após verificar efeito de tratamento, foi realizado a análise de variância com fatorial perfeito e análise de hipóteses, observando que não houve diferença significativa para níveis de produtos e produtos.

Resultados e Discussão

Pelo quadro de análise de variância (Tabela 1), observa-se que houve diferenças para o contraste da testemunha em relação aos tratamentos, mostrando que a fertilização do solo influenciou significativamente no desenvolvimento das plantas e na formação da área foliar. Nesse caso, a média dos materiais fertilizados (10.042,67 cm²), superou significativamente a média dos materiais não fertilizados (4.778,15 cm²).

Tabela 1. Análise de variância em esquema fatorial com uma testemunha adicional.

FV	GL	QM	F	PROB (%)
Blocos	3	552247,5		
Tratamentos	9	14727437,6	8,47	0,00**
Fatorial	8	4096510,2	2,35	4,59*
Contraste	1	99774857,2	57,35	0,00**
Resíduo	27	1739672,0		
Total	39			

A Tabela 2 demonstra que não houve interação significativa para fontes e doses de P, tampouco para as fontes com tecnologias agregadas na formação de área foliar. Considerando este indicador de desenvolvimento das plantas, a melhor escolha para o produtor é a fonte de menor valor, para a qual se obtém o maior retorno econômico.

Tabela 2. Análise de variância de níveis de produtos e produtos.

FV	GL	QM	F	PROB (%)
Blocos	3	1007537,5		
Doses	2	15214457,9	8,75	0,12**
Fontes	2	718691,0	0,41	100,0ns
Doses x Fontes	4	556445,87	0,13	100,0ns
Resíduo	27	1739672,0		
Total	35			

A Figura 1 apresenta os fertilizantes aplicados. Observa-se que a função que melhor se consegue interpretar os dados foi a polinomial quadrática. Pela função obtida, com coeficiente de determinação de 0,97, estimou-se a dose que proporcionaria a maior área foliar que, nesse caso, foi de 170,4 kg de MAP ha⁻¹. Nesta dose, a área máxima obtida foi de 10.985,83cm². Para efeito de doses do fertilizante ORGANOPHOS sobre a área foliar de soja, apresentou coeficiente de determinação de 0,99. Pela função obtida, estimou-se a máxima área foliar em 11257,66, com a dose de 165,30 kg ha⁻¹. Utilizando-se a fonte TOP-PHOS observa-se coeficiente de determinação de 0,99. Para essa fonte, a dose que proporcionaria a maior área foliar foi a de 174,52, com uma área foliar de 11.386,05.

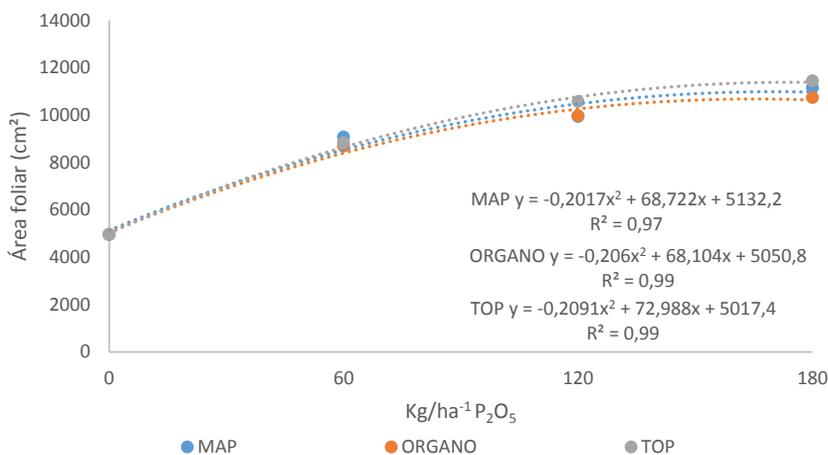


Figura 1. Área foliar em função de doses dos tratamentos.

Conclusão

A fertilização com fósforo, independentemente das fontes aplicadas, apresentou diferenças significativas em relação a testemunha não adubada.

A área foliar apresentou diferenças somente quanto às doses de fósforo aplicadas, independentemente da fonte.

Referências

- BATTISTI, R.; SENTELHAS, P. C.; PILAU, F. G.; WOLLMANN, C. A. Climatic efficiency for soybean and wheat crops in the state of Rio Grande do Sul, Brazil, in different sowing date. **Ciência Rural**, v. 43, p. 390-396, 2013.
- BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. A new method for estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 666-669, 2003.
- BRYSON, R. J.; PAVELEY, N. D.; CLARK, W. S.; SYLVESTER-BRADLEY, R.; SCOTT, R. K. Use of in-field measurements of green leaf area and incident radiation to estimate the effects of yellow rust epidemics on the yield of winter wheat. **European Journal of Agronomy**, v. 7, p. 53-62, 1997.
- FAVARIN, J. L.; DOURADO-NETO, D.; GARCÍA, A. G. y; VILLA-NOVA, N. A.; FAVARIN, M. G. G. V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 6, p. 769- 773, 2002.

MÜLLER, L. Fisiologia. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. L. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas: IAC, 1981. p. 109-129.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV- DPS, 1999. 399 p.

SETIYONO, T. D.; WEISS, A.; SPECHT, J. E.; BASTIDAS, A. M.; CASSMAN, K. G.; DOBERMANN, A. Understanding and modeling the effect of temperature and daylight on soybean phenology under high-yield conditions. **Field Crops Research**, v. 100, p. 257-271, 2007. DOI: 10.1016/j.fcr.2006.07.011.

TAVARES-JÚNIOR, J. E.; FAVARIN, J. L.; DOURADO-NETO, D.; MAIA, A. H. N.; FAZOULI, L. C.; BERNARDES, M. S. Análise comparativa de métodos de estimativa de área foliar em cafeeiro. **Bragantia**, v. 61, n. 2, p. 199-203, 2002.

Caracterização da proteína FAR1 (Fatty-acid and retinol binding protein) do nematoide de cisto da soja *Heterodera glycines*

PINTO, R. A. S.¹; HISHINUMA-SILVA, S. M.²; NOMURA, R. B. G.³; LOPES-CAITAR, V. S.⁴; DIAS, W. P.⁵; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C.⁵

¹UENP, reennan.augusto@outlook.com; ²Pós-doutorado, Laboratório de Biotecnologia Vegetal, Embrapa Soja; ³UEL, Departamento de Bioquímica e Biotecnologia; ⁴Department of Plant Sciences, University of Tennessee, Knoxville, Tennessee, EUA; ⁵Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

A cultura da soja tem grande importância econômica para o Brasil, sendo que na safra de 2020/2021 foi obtido um crescimento de 5,6% na produção, que culminou para que o país se tornasse o maior produtor e exportador da leguminosa (Conab, 2021). No entanto, devido ao seu amplo cultivo e às condições ambientais favoráveis no território nacional, a mesma é afetada constantemente por diversos fatores abióticos e bióticos, como é o caso dos nematoides fitopatogênicos, os quais apresentam difícil controle e causam danos significativos às culturas. Dentre as principais espécies que infectam a soja no Brasil, merecem destaque os formadores de galha do gênero *Meloidogyne* spp., *M. javanica* e *M. incognita*, o nematoide formador de cistos *Heterodera glycines*, o reniforme *Rotylechus reniformis* e *Pratylenchus brachyurus*. O nematoide de cisto da soja (NCS) teve sua primeira detecção, no Brasil, no Cerrado em 1991/92, além disso, atualmente, as estimativas apontam que cerca de 3 milhões de hectares estão infestados com esse fitopatógeno, segundo a Sociedade Brasileira de Nematologia. Ademais, as perdas devido aos nematoides são estimadas em 35 bilhões ao ano para o agronegócio brasileiro (Machado, 2015).

Os vermes do gênero *Heterodera* são caracterizados por hábito sedentário, assim como a formação de cistos, os quais são resultantes da fêmea adulta, quando morta, no final do ciclo infeccioso. Esses organismos apresentam mecanismos sofisticados para o processo de infecção das plantas hospedeiras, envolvendo a formação de locais de alimentação especializados,

principalmente, nas raízes das plantas, como os sincícios (Ali et al., 2018). Para o sucesso na infecção e estabelecimento do parasitismo, esses parasitas utilizam seu estilete para secretar determinadas moléculas, essas denominadas como efetoras, no interior das células do hospedeiro (Lima et al., 2017). Tal processo resulta em alterações da expressão gênica do hospedeiro, seja para modular ou inibir a resposta de defesa da planta, facilitando a formação e manutenção dos sítios de alimentação, essenciais para obtenção dos nutrientes para que o nematoide complete o ciclo de vida (Engler et al., 2010). Então, vários genes importantes para o parasitismo têm sido identificados e caracterizados nos diferentes fitonematoides, como exemplo as proteínas β -1,4-endoglucanase, que atua na degradação da parede celular da planta, FAR-1 (ácido graxo e proteína de ligação ao retinol), que altera a via de sinalização do ácido jasmônico nos hospedeiros (Rehman et al., 2009). Essa proteína foi descrita nos nematoides sedentários como *Meloidogyne javanica*, *M. incognita* e *Heterodera glycines* (Phani et al., 2017). Ainda assim, trabalhos anteriores da Equipe demonstraram que esta proteína é importante e está presente nos diferentes nematoides que infectam a soja com base em análises de similaridade, conforme Hishinuma-Silva (2019).

A FAR-1 tem como função ligar-se as moléculas lipídicas do hospedeiro, dessa forma, atuam no sequestro, no transporte e metabolismo das moléculas lipofílicas, isto é, substâncias hidrofóbicas que possuem características apolares, como exemplos: ácidos graxos e esteroides, os quais podem ser, inclusive, hormônios (Vieira et al., 2017). Então, a proteína FAR-1 pode auxiliar no processo de inibitório de defesa da planta hospedeira, pois compromete a síntese de ácido linoleico e linolênico, os quais são precursores para a síntese de ácido jasmônico, o qual está intrinsecamente relacionado à resposta de defesa da planta a estes parasitas (Phani et al., 2017).

Neste trabalho, a proteína FAR-1 do nematoide *Heterodora glycines* foi identificada sendo demonstrado seu envolvimento no parasitismo com base no seu perfil e local de expressão no nematoide durante a infecção.

Material e Métodos

Caracterização *in silico* e análises comparativas da proteína FAR1

As sequências gênicas para a caracterização molecular da proteína FAR1 foram obtidas no banco de dados Wormbase Parasite Data (Howe et al., 2017), enquanto os dados de *P. brachyurus* foi obtido do estudo realizado por Lopes-Caitar (2018). Para identificar os domínios conservados, as sequências de aminoácidos foram analisadas usando o NCBI Conserved Domain Database (Marchler-Bauer et al., 2015). Além disso, o programa SignalP 4.1 (Nielsen, 2017) foi usado para prever o sinal de secreção putativo. Os domínios transmembrana foram avaliados usando o programa TMHMM (Krogh et al., 2001), enquanto a localização celular foi prevista pelo programa TargetP (Emanuelsson et al., 2000). O potencial endereçamento ao retículo endoplasmático foi identificado usando o programa Predotar (Liu et al., 2013). A árvore filogenética foi construída utilizando o algoritmo de Neighbor-joining através do programa MEGA 7.0 (Kumar et al., 2016) com 1000 repetições.

Hibridização *in situ*

Os iniciadores específicos dos genes FAR1 de *H. glycines* foram sintetizados para obter sondas de RNA com amplicon de aproximadamente 200 pb sense e anti-sense marcado com digoxigenina (DIG). A hibridização *in situ* foi conduzida utilizando 10,000 indivíduos J₂ *H. glycines*. Após a hibridização, a sonda foi detectada através do anticorpo antidigoxigenina conjugada à fosfatase alcalina (diluída 1:100) e os nematoides marcados foram fotografados em microscópio Zeiss Axio Scope A1 (Zeiss Corporation) e processada com o software MOTIC (versão 2.0).

Perfil de expressão do gene candidato FAR1 na interação com a soja

Para se avaliar o perfil de expressão do gene candidato, foi realizada a extração do RNA total de raízes de soja infectadas com *H. glycines* e coletadas em diferentes períodos de tempo (1/2, 1, 2, 5, 10, 15 e 21 dias após a inoculação), usando o método TRIzol (Invitrogen) de acordo com as instruções do fabricante. O RNA total foi tratado com DNase I (Invitrogen), seguido pela

síntese de cDNA utilizando SuperScript III Kit (Invitrogen), conforme recomendado pelo fabricante. As reações de PCR em tempo real foram conduzidas em um termociclador StepOnePlus™ System (Thermo Fisher Scientific) usando o kit SYBR® Green PCR Master Mix (AppliedBiosystems), de acordo com as instruções do fabricante. Como normalizador foi utilizado o gene actin, e como calibrador foi utilizado o tempo 21d. A expressão do gene FAR1 foi calculada através do software Rest2009 (Rest ..., 2009).

Resultado e Discussão

A proteína predita FAR1 de *H. glycines* apresenta uma sequência de DNA de 1245 pb, sendo composta de 8 éxons, codificando uma proteína com 186 aminoácidos (Tabela 1). Comparativamente, embora a proteína apresente maior número de éxons, os domínios conservados são semelhantes nos variados tipos de nematoides analisados. Conforme a Tabela 1, pode ser observado nas sequências proteicas no gênero *Heterodera* a presença de peptídeo sinal, ou seja, indicativo de sinal de secreção destas proteínas, além do domínio conservado Gp-FAR-1. Todavia, não foi observado a presença de um domínio transmembrana. Dessa forma, observa-se uma proteína candidata a ser considerada e analisada secretada.

Tabela 1. Caracterização molecular da proteína FAR-1.

Espécies					
	<i>M. javanica</i>		<i>M. incognita</i>		<i>H. glycines</i>
Nomenclatura	MJ-FAR1-1	MJ-FAR1-2	MI-FAR1	HG-FAR1-1	HG-FAR1-2
Gene (pb)	803	804	802	1244	1245
Região codificadora (pb)	567	573	570	561	561
Proteína (aa)	188	190	189	186	186
Núm. Exon	6	6	6	8	8
Orientação	Reverso (3'-5')	Contínuo (5'-3')	Reverso (3'-5')	Contínuo (5'-3')	Reverso (3'-5')
Signal P	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Continua...

Tabela 1. Continuação.

	Espécies				
	<i>M. javanica</i>		<i>M. incognita</i>		<i>H. glycines</i>
TMHMM	Não	Sim	Não	Não	Não
Target P	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo
Predotar	ER	ER	ER	ER	ER
Conserved domain	Gp-FAR-1 superfamily				

A análise filogenética demonstrou a relação das proteínas preditas de FAR-1 entre os nematoides capazes de infectar a soja e o de vida livre *Caenorhabditis elegans* (Figura 1). Como esperado, as proteínas dos fitonematoídeos se agruparam separadamente do nematoídeo de vida livre, *Caenorhabditis elegans*. Além disso, as sequências de aminoácidos de *Meloidogyne* foram mais semelhantes com a de *P. brachyurus* do que com o *H. glycine*. Ao analisar a relação entre as duas espécies de *Meloidogyne*, foi possível identificá-las no mesmo ramo da árvore filogenética (Figura 1). Portanto, os dados obtidos revelam que a proteína FAR-1 é conservada entre as espécies em estudos e, sendo mais similar entre os nematoides endoparasitas, logo, possivelmente relacionada com o processo parasitário dos gêneros *Heterodera* e *Meloidogyne* em relação ao gênero *Pratylenchus*, o qual é um nematoídeo migrador.

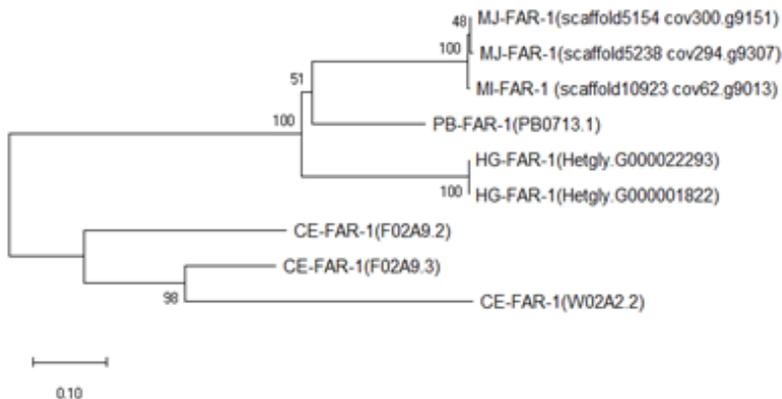


Figura 1. Árvore filogenética das proteínas FAR1.

Adicionalmente, o candidato a efetor Hg-FAR-1 foi detectado na hipoderme do nematoide, diferentemente de outros locais de produção de efetores, ou seja, nas glândulas esofágicas. A sonda controle, conforme observada nas imagens posteriores, não apresentou sinal (Figura 2). Ressalta-se que outros efetores, ou seja, genes de parasitismo, já foram descritos como sendo expressos na hipoderme (Baum et al., 2007).

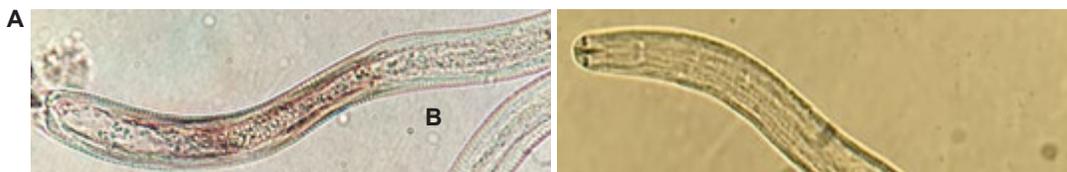


Figura 2. Localização do gene FAR-1 no nematoide de cisto: Antisense Hg-FAR-1 (A); Sense Hg-FAR-1 (B).

A análise da expressão do gene FAR-1, ao longo da infecção do nematoide, demonstrou que esse gene foi expresso nos tempos de 1 dia e 2 dias, indicando sua importância nas fases iniciais do processo infeccioso (Figura 3). Nos tempos posteriores a 2 dias, o nível de expressão tornou-se reduzido, possivelmente porque os nematoides já haviam penetrado e avançado no estabelecimento do parasitismo.

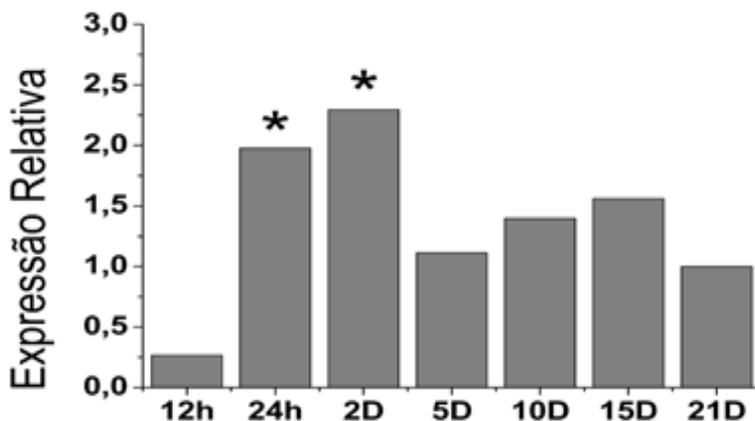


Figura 3. Perfil de expressão do gene FAR-1 ao longo da infecção do nematoide *Heterodera glycines* em raízes de soja.

Conclusão

O gene FAR-1 está presente em *H. glycines* e tem importante papel no parasitismo desse nematoide durante a infecção com a soja, sendo expresso na hipoderme do nematoide e nos tempos iniciais logo após a infecção. Os resultados apresentados aqui demonstraram que esta proteína desempenha um papel importante nos estágios iniciais do parasitismo, o que pode estar associado às fases de penetração e formação de sincícios.

Referências

ALI, M.; ANJAM, M.; NAWAZ, M.; LAM, H.; CHUNG, G. Signal transduction in plant-nematode interactions. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, n. 6, 1648, 2018. 18 p.

BAUM, T.; HUSSEY, R.; DAVIS, E. Root-knot and cyst nematode parasitism genes: the molecular basis of plant parasitism. **Genetic Engineering**, v. 28, p. 17-43, 2007.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: safra 2020/2021, 4º. levantamento**, jan. 2021. 85 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 10 jun. 2021.

EMANUELSSON, O.; NIELSEN, H.; BRUNAK, S.; VON HEIJNE, G. Predicting subcellular localization of proteins based on their N-terminal amino acid sequence. **Journal of Molecular Biology**, v. 300, n. 4, p. 1005-1016, 2000.

ENGLER J. de A.; RODIUC, N.; SMERTENKO, A.; ABAD, P. Plant actin cytoskeleton remodeling by plant parasitic nematodes. **Plant Signaling & Behavior**, v. 5, p. 213-217, 2010.

HISHINUMA-SILVA, S. M. **Caracterização funcional do gene GmHsp22.4 de soja envolvido na resposta de resistência a *Meloidogyne javanica* e identificação de proteínas efetoras de nematoides sedentários envolvidos na interação com a soja**. 2019. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

HOWE, K. L.; BOLT, B. J.; SHAFIE, M.; KERSEY, P.; BERRIMAN, M. WormBase ParaSite - a comprehensive resource for helminth genomics. **Molecular and Biochemical Parasitology**, v. 215, p. 2-10, 2017.

KROGH, A.; LARSSON, B.; VON HEIJNE, G.; SONNHAMMER, E. L. Predicting transmembrane protein topology with a hidden Markov model: application to complete genomes. **Journal of Molecular Biology**, v. 305, n. 3, p. 567-580, 2001.

KUMAR, S.; STECHER, G.; TAMURA, K. MEGA7: molecular evolutionary genetics analysis version 7.0 for bigger datasets. **Molecular Biology and Evolution**, v. 33, n. 7, p. 1870-1874, 2016.

LIMA, F. S. O.; CORREA, V. R.; NOGUEIRA, S. R.; SANTOS, P. R. R. Nematodes affecting soybean and sustainable practices for their management. In: KASAI, M. (Ed.). **Soybean – the basis of yield, biomass and productivity**. London: IntechOpen, 2017. p. 95 -110. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/soybean-the-basis-of-yield-biomass-and-productivity/nematodes-affecting-soybean-and-sustainable-practices-for-their-management>. Acesso em: 18 jun. 2021.

LIU, L.; ZHANG, Z.; MEI, Q.; CHEN, M. PSI: a comprehensive and integrative approach for accurate plant subcellular localization prediction. **PLoS One**, v. 8, n. 10, e75826, 2013.

LOPES-CAITAR, V. S. **Estudos moleculares do patossistema *Glycine max-Pratylenchus brachyurus***: de estratégias de infecção do patógeno e de defesa do hospedeiro, à interação proteína-proteína. 2018. 105 f. Tese (Doutorado) - Genética e Biologia Molecular, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

MACHADO, A. C. Z. Ataques de nematoides custam R\$ 35 bilhões ao agronegócio brasileiro. **Revista Agrícola**, 16 nov. 2015. Disponível em: <http://www.ragricola.com.br/destaque/ataques-de-nematoides-custam-r-35-bilhoes-ao-agronegocio-brasileiro>. Acesso em: 18 jun. 2021.

MARCHLER-BAUER, A.; DERBYSHIRE, M. K.; GONZALES, N. R.; LU, S.; CHITSAZ, F.; GEER, L. Y.; GEER, R. C.; HE, J.; GWADZ, M.; HURWITZ, D. I.; LANCZYCKI, C. J.; LU, F.; MARCHLER, G. H.; SONG, J. S.; THANKI, N.; WANG, Z.; YAMASHITA, R. A.; ZHANG, D.; ZHENG, C.; BRYANT, S. H. CDD: NCBI's conserved domain database. **Nucleic Acids Research**, v. 43, D222-D226, 2015.

NIELSEN, H. Predicting secretory proteins with SignalP. In: KIHARA, D. (Ed.). **Protein function prediction: methods in Molecular Biology**, v. 1611. New York: Springer; 2017. p. 59-73.

PHANI, V.; SHIVAKUMARA, T. N.; DAVIES, K. G.; RAO, U. Meloidogyne incognita fatty acid- and retinol- binding protein (Mi-FAR-1) affects nematode infection of plant roots and the attachment of *Pasteuria penetrans* endospores. **Frontiers in Microbiology**, v. 8, article 2122, 2017. 13 p.

REHMAN, S.; BUTTERBACH, P.; POPEIJUS, H.; OVERMARS, H.; DAVIS, E.; JONES, J.; GOVERSE, A.; BAKKER, J.; SMANT, G. Identification and characterization of the most abundant cellulases in stylet secretions from *Globodera rostochiensis*. **Phytopathology**, v. 99, p. 194-202, 2009.

REST 2009 Software User Guide. [Hilden]: QIAGEN, 2009. 28 p.

VIEIRA, P.; KAMO, K.; EISENBACK, J. Characterization and silencing of the fatty acid- and retinol-binding Pp-far-1 gene in *Pratylenchus penetrans*. **Plant Pathology**, v. 66, n. 7, p. 1214-1224, 2017.

Otimização da etapa de extração para a determinação do potássio foliar pela técnica FAST-K

SILVESTRIM, S. R.¹; OFNER, J. M. M.²; GERMANO, M. G.³; SILVA, A. P. da⁴; CASTRO, C. de⁵; OLIVEIRA, F. A. de⁵; OLIVEIRA JUNIOR, A. de⁵

¹UEL, Bolsista FAPED, Londrina, PR, stefanyrsilvestrim@gmail.com; ²UTFPR, Bolsista CNPq; ³Analista, Embrapa Soja, Laboratório de Análise de Solo e Tecido Vegetal; ⁴Professora Colaboradora, Universidade Estadual de Londrina (UEL); ⁵Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

O potássio (K⁺) é o segundo macronutriente mais absorvido pelas plantas de soja e também o segundo mais exportado das lavouras através dos grãos produzidos, ficando atrás apenas do nitrogênio. Com o aumento das produtividades médias da soja, tem sido frequente a ocorrência de sintomas de deficiência visual de K com severas perdas de produtividade (Borkert et al., 1994; Firmano et al., 2021). A deficiência de potássio nas plantas normalmente ocorre em reboleiras, associada à menor disponibilidade do nutriente no solo, comprometendo o enchimento de grãos no terço superior da soja, principalmente, e resultando em menor produtividade. A extensão desta limitação nutricional, no entanto, alcança também áreas que não expressam sintomas visuais da carência de K (fome oculta), fenômeno que pode ocorrer em grande amplitude, em especial em regiões/áreas cujo balanço da adubação potássica seja consistentemente negativo (Oliveira Junior et al., 2014).

Esse cenário de ocorrência de sintomas de deficiência de K foi o principal motivador para o estudo e desenvolvimento de um método expedito para a determinação da concentração de K nas folhas de soja. A metodologia para determinação da concentração foliar de potássio (K) denominada FAST-K foi desenvolvida na Embrapa Soja e possibilita que a avaliação do estado nutricional seja realizada de forma imediata nas amostras das folhas da soja, permitindo que a tomada de decisão seja aplicada com maior rapidez que a diagnose nutricional padrão (análise laboratorial da concentração total de K).

O desenvolvimento dessa metodologia foi possível em função de três condições específicas: 1. O K não forma composto orgânico na planta e encontra-se na forma iônica (Taiz; Zeiger, 1991), podendo ser extraído do material vegetal em um extrato aquoso (hidrossolúvel) a partir de desintegração física do tecido vegetal, com o maceramento das amostras; 2. A existência de um equipamento medidor portátil de íons específicos (Horiba/Laquatwin®) que determina a concentração de K com adequada precisão/exatidão e; 3. A Embrapa Soja possui experimentos de longa duração (cerca de 25 anos) com doses de K que permitem a calibração da técnica com alta confiabilidade e em vários estádios de desenvolvimento da soja.

Entretanto, apesar da calibração e precisão do diagnóstico pela técnica do Fast-K, a etapa de maceração manual para a extração do K do tecido vegetal (extratos de folhas) pode ser aperfeiçoada, tornando o processo de preparação da amostra e extração do K mais ágil. Este trabalho avaliou a hipótese de que a otimização operacional e maior rapidez na extração de K hidrossolúvel (KH) das folhas de soja via ultraprocessador, não interfere na confiabilidade do diagnóstico, através da análise de correlação da produtividade da soja e do teor total de K com a concentração de K obtido por dois métodos de abertura das amostras para a extração do K, de modo a possibilitar a definição das faixas de interpretação em dois estádios de desenvolvimento.

Material e Métodos

Resultados experimentais utilizados

O estudo foi realizado com amostras de folhas coletadas em experimento de longa duração, conduzido desde 1984, na Fazenda Experimental da Embrapa soja, localizada na cidade de Londrina, PR (23°11'01"S, 51°10'36"O). Neste experimento, disposto em blocos casualizados (DBC) com 4 repetições, o único fator de tratamento é constituído de seis doses de K₂O (Tabela 1), na forma de KCl, com o objetivo de promover a variação na disponibilidade do nutriente no solo e às plantas, e caracterizar a resposta à limitação da produtividade da soja. O tratamento de sementes foi realizado com fungicidas, inseticidas, cobalto, molibdênio e inoculante (bactérias do gênero *Bradyrhizobium*).

Tabela 1. Tratamentos utilizados no experimento de potássio.

Tratamento	K ₂ O		P ₂ O ₅	
	Semeadura	Cobertura	Total	Semeadura
	kg ha ⁻¹			
1	0	0	0	160
2	40	0	40	160
3	40	40	80	160
4	40	80	120	160
5	40	120	160	160
6	40	160	200	160

No decorrer da safra, foram realizadas duas aplicações do herbicida glifosato marca Roundup Transorb®, para o controle de plantas infestantes, e três aplicações de fungicidas, de acordo com as recomendações da Embrapa Soja (Seixas et al., 2020). Conforme descrito por Firmano et al. (2020), a condução do experimento foi realizada sob sistema de semeadura direta desde 1995, caracterizada por diferentes períodos de aplicação e fases de efeito residual, sendo cada fase acompanhada por cinco safras consecutivas. Na safra de 2008/2009 até a safra de 2014/2015, houve uma fase de interrupção da adubação potássica para análise do efeito residual, que foi finalizada a partir da safra seguinte (2015/2016), quando as doses de K voltaram a ser aplicadas na metade das parcelas, de forma que a outra metade parou de receber o fertilizante, sofrendo somente o efeito residual das doses de K.

Dessa forma, o delineamento foi modificado para de blocos ao acaso com parcelas subdivididas (fatorial 6 x 2), sendo as parcelas compostas pelo residual das doses de K aplicadas até 2008 e as subparcelas correspondendo à reaplicação ou não de K. A área total das parcelas era de 40 m² (5 m x 8 m) e as subparcelas de 20 m² (2,5 m x 8 m). O experimento foi cultivado predominantemente com soja no verão, trigo, milho, girassol ou aveia preta no inverno. A semeadura foi realizada em 21/10/2020, com a cultivar de soja BRS1061IPRO, com espaçamento de 50 cm entre linhas e 17 sementes por metro linear. As amostragens de folhas para a determinação do K foram realizadas nos estádios R2 e R5.3.

Foi realizado o procedimento de amostragem foliar recomendado para a cultura da soja (Oliveira Junior et al., 2019), coletando-se na haste principal de 20 plantas, a partir do ápice, o terceiro trifólio completamente expandido, dos quais foram utilizados apenas os folíolos para a extração de K. Para melhor avaliar a predição e confiabilidade dos resultados foram utilizados os estádios R.2 e R 5.3, como padrão de diagnose foliar e para a otimização do método.

Métodos de extração de K

Extração de K por Análise Padrão (K total)

Foram separados seis trifólios (sem pecíolo) a partir de cada coleta (estádios R2 e R5.3), que foram posteriormente secos em estufa e moídos para a determinação do K através da análise padrão de tecido vegetal (Malavolta et al., 1997) via ICP-OES.

Maceração Manual por Pistilo/Almofariz (Fast-K Macerado)

– **Método Oficial** (Oliveira Junior et al., 2019).

Foram pesadas 3,0 gramas de folíolos e maceradas manualmente para determinação do teor de KH pela técnica Fast-K, por meio da leitura no medidor de íons Horiba Laqua twin®. Os folíolos foram pesados para obter a massa fresca da amostra, e macerados com água deionizada, utilizando um almofariz e pistilo. Em seguida, foi realizada a filtragem da amostra com água deionizada e papel de filtro qualitativo nº 104, sendo o extrato final recolhido em tubo Falcon e seu volume completado para 30 mL. Do extrato filtrado, utilizou-se aproximadamente quatro gotas para a determinação da concentração do íon K^+ expressa em $mg L^{-1}$, diretamente no equipamento Horiba Laqua twin®.

Extração via Ultraprocessador (Processador Ninja)

A partir da coleta de seis trifólios (sem pecíolo), estes foram destinados para processamento no equipamento Nutri Ninja Auto IQ®, que possibilita maior cominuição das folhas, e maior volume de alíquota, que permita a quantificação de KH através da leitura no medidor de íons Horiba Laqua twin®.

Os folíolos foram acondicionados no equipamento Nutri Ninja Auto IQ® com adição de 100 mL de água deionizada e processados por 25 segundos. Após filtradas o extrato foi recolhido em tubo Falcon com volume final de 50 mL. Seguindo os procedimentos da técnica do Fast-K, aproximadamente quatro gotas do extrato filtrado foram depositadas no sensor do Horiba Laqua twin® para determinação da concentração do íon K^+ , expressa em $mg L^{-1}$.

Resultados e Discussão

O método de extração por meio da maceração manual demanda esforço físico do operador, além de um tempo aproximado de 5 minutos para cada amostra, sendo um processo extenuante para a análise de grandes quantidades de amostras e difícil padronização. Em contrapartida, o método de extração de K via processador, reduz significativamente o tempo do processo, sendo realizada cada amostra em aproximadamente 25 segundos, além de evitar a fadiga do operador e manter a padronização (repetibilidade) da extração.

O teste proposto por Leite e Oliveira (2002), demonstrou que houve identidade estatística para a extração por Fast-K macerado e por meio do processador, com nível de significância de 5%, para o estágio fenológico R5.3. Apesar da identidade de modelos entre as variáveis não ser significativa no estágio R2, em ambos os estádios o valor do coeficiente de determinação (R^2) foi elevado, demonstrando que os métodos de extração apresentam equivalência e linearidade dentro da faixa de teores analisada (Figura 1).

Na Figura 2 são apresentadas as análises de regressões no estágio fenológico R2, correlacionando o valor do KH (g/kg) via extração Fast-K macerado e com processador, em relação ao teor padrão obtido em ICP-OES (K total), além de sua relação com a produtividade relativa (PR%). Esta, por sua vez, foi calculada por meio da razão obtida entre a produtividade máxima obtida no experimento, de $4935,9 kg ha^{-1}$, considerando somente as subparcelas com aplicação potássio e os respectivos valores de produtividade, sendo o valor relativo apresentado em porcentagem. Os modelos de regressão também foram aplicados para o estágio R5.3 de desenvolvimento da soja correlacionando as mesmas variáveis (Figura 3).

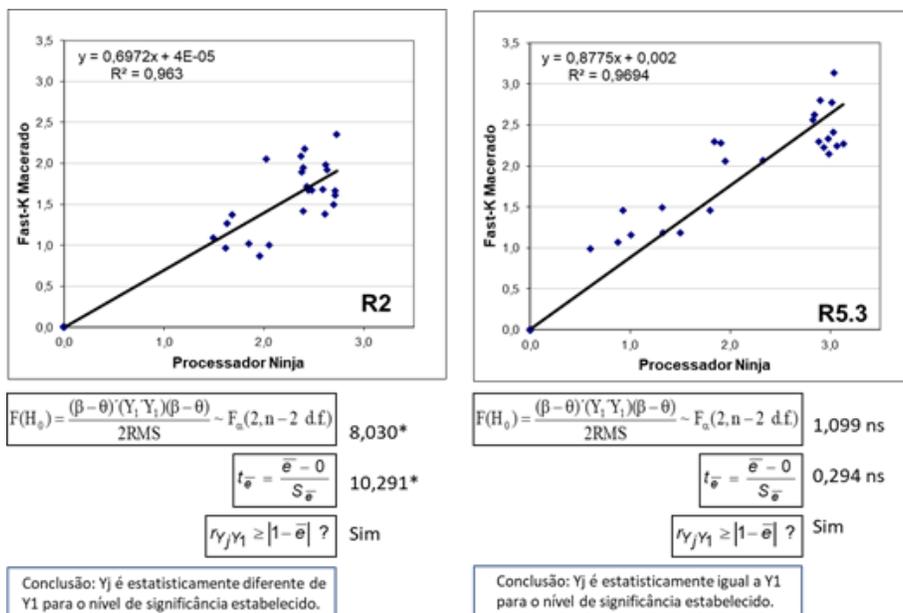


Figura 1. Modelos de regressão linear ajustados para as metodologias de extração de K hidrossolúvel, sendo o eixo y correspondente à extração via processador Ninja Auto IQ, e eixo x para extração por Fast-K macerado, para os estádios fenológicos R2 e R5.3 da cultura da soja.

Para ambos os estádios avaliados (R2 e R5.3), a produtividade relativa da soja se relacionou positivamente com o teor de KH, de modo a permitir a determinação do nível crítico. O nível crítico é ajustado de acordo com o teor do nutriente da folha, sendo esse associado à 90% da produção ou crescimento máximo da cultura, em resposta às doses de potássio, conforme Alvarez et al. (1988). Com a determinação do nível crítico é possível constatar a o intervalo correspondente à fome oculta, fenômeno em que plantas consideradas normais em áreas adjacentes àquelas que apresentam deficiência, também apresentam redução da produtividade, apesar de não expressarem visualmente os sintomas de deficiência (Oliveira Junior et al., 2014).

A partir da análise de regressão (Figuras 2 e 3), para ambos os estádios fenológicos da soja (R2 e R5.3) obteve-se maiores valores de correlação para a metodologia via processador, indicando que o modelo proposto é mais eficiente para explicar a variabilidade dos dados de resposta ao redor de

sua média, isto é, os dados dispersantes estão mais próximos à linha de tendência. A regressão apresentou maior significância para o estágio fenológico da soja R5.3, onde a faixa de fome oculta e níveis críticos ficaram muito próximos, tanto para o método Fast-K macerado quanto pela extração via Processador Ninja (valores entre 1,25 g/kg e 1,75 g/kg, respectivamente).

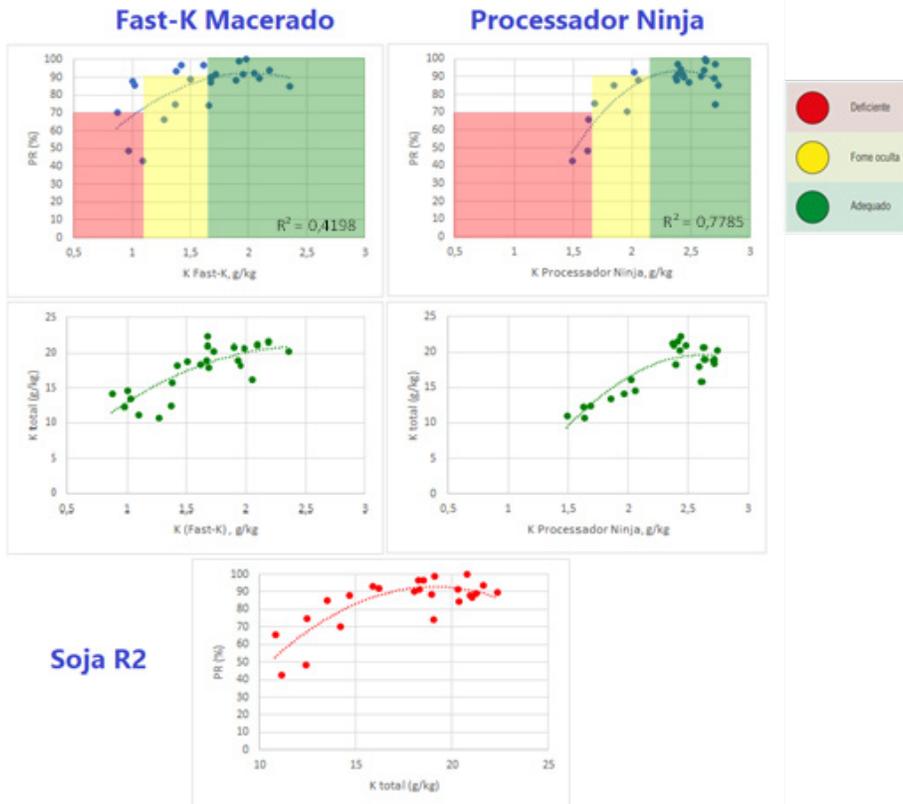


Figura 2. Modelos de regressão linear para o teor de KH obtido por maceração (Fast-K Macerado) e ultraprocessador (Processador Ninja), em função da produtividade relativa (PR%) e para o teor de K total obtido pela análise padrão (ICP-OES) para o estágio fenológico R2, além da regressão entre a PR% e o K total.

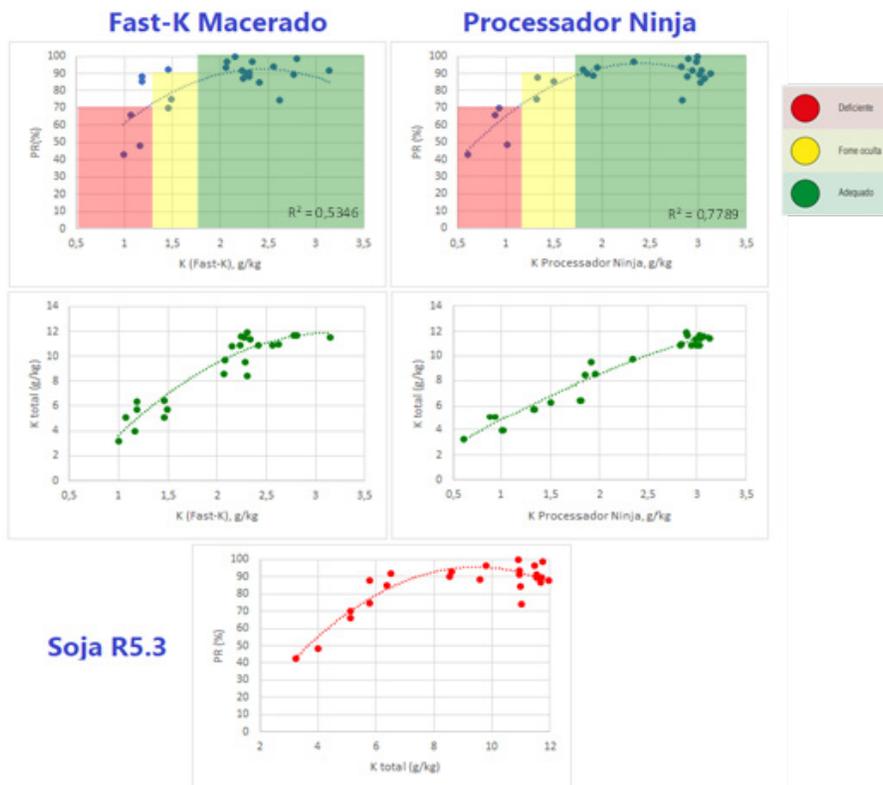


Figura 3. Modelos de regressão linear para o teor de KH obtido por maceração (Fast-K Macerado) e ultraprocessador (Processador Ninja), em função da produtividade relativa (PR%) e para o teor de K total obtido pela análise padrão (ICP-OES) para o estágio fenológico R 5.3, além da regressão entre a PR% e o K total.

Conclusão

A otimização da metodologia do Fast-K com a adoção do processador Ninja Auto IQ® apresentou resultados favoráveis, confirmando a hipótese de que essa forma de extração pode substituir a maceração manual, tornando a técnica menos laboriosa, mais ágil e preditiva para avaliar o estado nutricional da cultura.

Referências

- ALVAREZ, V. H.; NOVAIS, R. F.; BRAGA, J. M.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F.; RIBEIRO, A. C.; DEFELIPO, B. V. Avaliação da fertilidade do solo: metodologia. In: SIMPÓSIO DA PESQUISA NA UFV, 1., 1988. Viçosa. **Resumos...** 1988. p. 68-69.
- BORKERT, C. M.; YORINORI, J. T.; CORREA-FERREIRA, B. S.; ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; SFREDO, G. F. J. Seja o doutor da sua soja. **Informações Agrônômicas**, n. 66, p. 1-16, 1994.
- FIRMANO, R. F.; OLIVEIRA, A.; CASTRO, C. de; ALLEONI, L. R. F. Potassium rates on the cationic balance of an Oxisol and soybean nutritional status after 8 years of K deprivation. **Experimental Agriculture**, v. 56, n. 2, p. 293-311, 2020. DOI: 10.1017/ S0014479719000371.
- FIRMANO, R. F.; OLIVEIRA, A.; CASTRO, C. de; ALLEONI, L. R. F. Potassium management over 60 crops: a long-term study on an Oxisol under no-till. **Agronomy Journal**, v. 113, p. 478-489, 2021. DOI: 10.1002/agj2.20456.
- LEITE, H. G.; OLIVEIRA, F. H. T. Statistical procedure to test the identity of analytical methods. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 33, n. 7-8, p. 1105-1118, 2002.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.
- OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F. A. de; FOLONI, J. S. S. Marcha de absorção e acúmulo de macronutrientes em soja com tipo de crescimento indeterminado. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA, 34., 2014, Londrina. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2014. p. 133-136.
- OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F. A. de; SILVA, M. G. G. **FAST-K**: teste rápido para determinação da concentração foliar de potássio (K) em condições de campo na cultura da soja. Londrina: Embrapa Soja, 2019. (Folder n. 01/2019).
- 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).
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. California: The Benjamin: Cummings, 1991. 559 p.

Virulência de *Bipolaris euphorbiae* em plantas de amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*) de diferentes procedências

FERREIRA, A. P. M.¹; SEIXAS, C. D. S.²; GAZZIERO, D. L. P.²

¹Unopar, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR, anapaulaagro99@outlook.com; ²Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

Euphorbia heterophylla é uma planta daninha conhecida por vários nomes, como amendoim-bravo, leiteira, café-do-diabo, leiteira-do-diabo (Lorenzi, 1986), entre outros. No Brasil é comum nas regiões agrícolas, especialmente nos sistemas de produção de grãos, que inclui a cultura da soja (Adegas et al., 2020). A planta faz parte da família Euphorbiaceae; é anual com ciclo curto; altura das plantas variando entre 40 cm a 60 cm; se reproduz por sementes (Kissmann; Groth, 1992; Lorenzi, 1986).

Com a introdução da soja resistente ao glifosato no País, o controle de *E. heterophylla* foi facilitado, sendo feito basicamente com duas a três aplicações desse herbicida em pós-emergência da cultura. Entretanto, já foram encontradas plantas resistentes ao glifosato (Adegas et al., 2020).

Nesse contexto, os bioherbicidas podem ser uma alternativa para auxiliar no controle dessa espécie. A Coleção de Microrganismos de Interesse para a Agricultura da Embrapa Soja (CMES) contém um isolado do fungo *Bipolaris euphorbiae*, obtido de plantas coletadas no Rio Grande do Sul, em 1981, pelo fitopatologista José Tadashi Yorinori. Vários testes para verificar o potencial desse fungo como agente de biocontrole foram conduzidos na Embrapa Soja (Gazziero; Yorinori, 1993) e em outras instituições (Nechet et al., 2006; Penariol et al., 2008).

Bipolaris euphorbiae pode causar lesões necróticas em caule e folhas, desfolha e até a morte das plantas. Nas condições em que não mata a planta, sua capacidade competitiva fica drasticamente reduzida (Gazziero; Yorinori, 1993).

O objetivo deste trabalho foi verificar a virulência do isolado CMES 587 de *B. euphorbiae* em plantas de *E. heterophylla* oriundas de sementes de diferentes procedências.

Material e Métodos

As plantas de *E. heterophylla* foram obtidas a partir de sementes coletadas em seis locais (Cafelândia, Jandaia do Sul, Kaloré e Londrina, no Paraná; Maracaju-MS e Nova Mutum-MT), pela equipe de Plantas Daninhas da Embrapa Soja. Foram utilizados vasos contendo a mistura de 70% de terra tratada e 30% de substrato a base de casca de pinus, cinza e lodo orgânico. Em cada vaso foram semeadas 12 sementes e após a emergência foi feito desbaste, ficando cinco a sete plantas por vaso. Esses vasos foram mantidos em casa de vegetação e quando as plantas apresentavam entre quatro e seis folhas foi realizada a inoculação.

Foram usados dois tipos de inóculo, um obtido a partir de colônias do isolado CMES 587 de *B. euphorbiae* e outro obtido de formulação em pó, desse mesmo isolado, que estava armazenada desde 1999, em câmara fria do Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Soja.

A partir de colônias, cultivadas em placas contendo meio BDA, com 10 dias foi preparada suspensão contendo $5,2 \times 10^4$ esporos/mL e a partir da formulação em pó foi preparada suspensão com $7,7 \times 10^4$ esporos/mL. Para checagem da germinação dos esporos, 10 mL de cada suspensão foi transferida para placas com ágar-água (uma placa para cada suspensão e incubada em BOD a 25 °C com fotoperíodo de 12 horas de luz e 12 horas de escuro por 48 horas quando foi feita a contagem dos esporos germinados. A inoculação foi feita com auxílio de dois borrifadores, um para cada suspensão.

Após a inoculação foi feita câmara úmida, utilizando-se sacos plásticos transparentes para cobrir as plantas que permaneceram assim por 48 horas. Nove dias após a inoculação, os sintomas foram registrados.

Resultados e Discussão

Independente da inoculação ter sido feita com o fungo crescido em BDA ou formulado em pó, plantas de todas as procedências apresentaram sintomas em menor ou maior intensidade, sendo observados 48 horas após a inoculação, após a retirada da câmara úmida.

Na avaliação, nove dias após a inoculação, de maneira geral, os sintomas foram mais intensos nas plantas inoculadas com o fungo crescido em BDA do que naquelas inoculadas com o fungo formulado. Foram observadas lesões em folhas e hastes, murcha, seca e queda de folhas. Também houve diferença no tipo e na intensidade dos sintomas em função da procedência das plantas. Os sintomas apresentados pelas plantas das diferentes procedências e com os dois tipos de inóculos são mostrados nas Figuras 1 a 6.

Fotos: Claudine D. S. Seixas



Figura 1. Sintomas em plantas oriundas de sementes coletadas em Cafelândia-PR, aos nove dias após a inoculação, com o fungo crescido em placas com BDA (esquerda) e com o fungo formulado (direita).

Fotos: Claudine D. S. Seixas



Figura 2. Sintomas em plantas oriundas de sementes coletadas em Jandaia do Sul-PR, aos nove dias após a inoculação, com o fungo crescido em placas com BDA (esquerda) e com o fungo formulado (direita).

Fotos: Claudine D. S. Seixas



Figura 3. Sintomas em plantas oriundas de sementes coletadas em Kaloré-PR, aos nove dias após a inoculação, com o fungo crescido em placas com BDA (esquerda) e com o fungo formulado (direita).

Fotos: Claudine D. S. Seixas



Figura 4. Sintomas em plantas oriundas de sementes coletadas em Londrina-PR, aos nove dias após a inoculação, com o fungo crescido em placas com BDA (esquerda) e com o fungo formulado (direita).

Fotos: Claudine D. S. Seixas



Figura 5. Sintomas em plantas oriundas de sementes coletadas em Maracaju-MS, aos nove dias após a inoculação, com o fungo crescido em placas com BDA (esquerda) e com o fungo formulado (direita).



Figura 6. Sintomas em plantas oriundas de sementes coletadas em Nova Mutum-PR, aos nove dias após a inoculação, com o fungo crescido em placas com BDA (esquerda) e com o fungo formulado (direita).

O fungo foi mais virulento para as plantas oriundas de sementes de Cafelândia-PR (Figura 1) e de Kaloré-PR (Figura 3), independentemente do tipo de inóculo e menos virulento para as plantas oriundas de sementes de Londrina-PR (Figura 4). Nesse caso ocorreram apenas lesões foliares em baixa intensidade que, ao contrário das outras procedências, foram mais visíveis nas plantas inoculadas com o fungo formulado.

Essa diferença na virulência do isolado em relação a procedência das plantas foi observada também por Nechet et al. (2006). Essa limitação pode ser contornada com a mistura de isolados ou mesmo com a mistura do bioproduto com os herbicidas químicos, combinação que se mostrou promissora já que o fungo não foi afetado pela maioria dos herbicidas anteriormente testados (Nechet et al. 2006; Gazziero; Yorinori, 1993).

Conclusão

O isolado CMES 587 permanece virulento, bem como a formulação armazenada em câmara fria há 22 anos, evidenciando que esse fungo possui características interessantes para controle biológico. Embora o CMES 587

não tenha sido igualmente virulento às plantas de todas as procedências testadas, isso poderia ser contornado pela busca de novos isolados nesses e em outros locais para teste, inclusive, de misturas de isolados e de misturas com herbicidas químicos.

Referências

- ADEGAS, F. S.; GAZZIERO, D. L. P.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S. de; MENDES, R. R.; RODRIGUES, L. J. *Euphorbia heterophylla*: um novo caso de resistência ao glifosato no Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 5 p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 98).
- GAZZIERO, D. L. P.; YORINORI, J. T. Experiência sobre o controle biológico de *Euphorbia heterophylla* no Brasil. Jaboticabal: FUNEP-UNESP, 1993. 11 p.
- KISSMAN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: Basf Brasileira, 1992. 798 p.
- LORENZI, L. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**. 2. ed. Nova Odessa: H. Lorenzi, 1986. 220 p.
- NECHET, K. L.; BARRETO, R. W.; MIZUBUTI, E. S. G. *Bipolaris euphorbiae* as a biological control agent for wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla*): host-specificity and variability in pathogen and host populations. **BioControl**, v. 51, p. 259-275, 2006.
- PENARIOL, M. C.; MONTEIRO, A. C.; PITELLI, R. A.; PEREIRA, G. T. Produção de *Bipolaris euphorbiae* em meios de cultura sólidos e líquidos obtidos de grãos e resíduos agroindustriais. **Bragantia**, v. 67, p. 805-814, 2008.

Controle do percevejo *Euschistus heros* em soja com inseticidas químicos pulverizados com drone

BASSETTO FILHO, J. J.¹; ESTABELE, D. L.²; OLIVEIRA, T. L. de³; GOMES, L. R. O.³; PINHO, C. A.³; MATULAITIS, A. K. Y⁴; ADEGAS, F. S.⁵; SOARES, R. M.⁵; ROGGIA, S.⁵

¹UNIFIL, bolsista, Londrina, PR, jjbfilho2000@gmail.com; ²UNOPAR Piza, bolsista, Londrina, PR; ³UNESP, bolsista, Jaboticabal, SP; ⁴Onesolve Tecnologia; ⁵Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

A soja é um cultivo de grande importância para o Brasil, contribuindo expressivamente para o PIB nacional. Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de soja, produzindo 135,41 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 8,5% em relação à safra 2019/2020, em que a área estimada de produção do grão é próxima a 38 milhões de hectares (Conab, 2021). O Brasil também é o maior exportador mundial de soja e seus derivados contribuem positivamente para sua balança comercial. A produção de soja enfrenta diversos desafios desde seu cultivo em campo até o mercado consumidor. Em campo, um dos principais problemas é o ataque de pragas, principalmente de percevejos que se alimentam diretamente dos grãos em formação e vagens. Esses danos diretos, podem causar inviabilização total da semente, por abortamento, até a redução do vigor e potencial germinativo, além de ocasionar má formação, redução do peso e qualidade dos grãos e das sementes (Panizzi et al., 2012).

O percevejo-marrom *Euschistus heros*, é a principal espécie, ocorrendo com ampla distribuição nas regiões produtoras de soja do Brasil (Panizzi et al., 2012). Este inseto praga sugador é facilmente identificável, no qual, a ferramenta utilizada para o auxílio dessa visualização é o pano de batida. As amostragens realizadas através dessa ferramenta, visam a tomada de decisão para o controle dos percevejos, no qual são baseados nos níveis de ataque. Entretanto, ocorrem falhas de controle, e manejo incorreto, desta forma, as populações ficam resistentes aos inseticidas (Sosa-Gomes; Omoto, 2012). Além disso a falta de rotação de culturas e desequilíbrio do sistema produtivo, tem sido citado como causas das elevadas densidades populacio-

nais de percevejos em soja nas diversas regiões produtoras (Corrêa-Ferreira et al., 2010).

A eficiência do controle de pragas está relacionada a vários fatores, entre eles a adequação da tecnologia de aplicação utilizada. Fatores como o espectro de gotas, volume de calda, ponta de pulverização, tipo de emissor e condições ambientais, podem ter efeito sobre o padrão de deposição da calda e, conseqüentemente, sobre a eficiência de controle do produto pulverizado (Ozeki; Kunz, 1998). Para a maior parte das pulverizações considera-se que a eficiência de cobertura do alvo, obtida pelo método de aplicação utilizado, é o principal fator para a qualidade da aplicação (Ozeki; Kunz, 1998).

O uso de drones para pulverização agrícola é uma tecnologia emergente que pode se integrar a outros métodos de aplicação de produtos fitossanitários. Porém, apresenta características próprias como baixo volume de calda, pontas de baixa vazão, gotas mais finas, maior altura da barra e efeito do giro das hélices, que proporcionam uma pulverização diferenciada em relação ao obtido com a pulverização terrestre (Ramos et al., 2010). Assim, foi conduzido um trabalho com objetivo de estudar o controle do percevejo *Euschistus heros* em soja com inseticida químico pulverizado com drone, comparativamente a diferentes tecnologias como aplicação tratorizada e costal.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado na fazenda experimental da Embrapa Soja localizada a 23°11' S, 51°11' W e 630 m de altitude. Os tratamentos consistiram em cinco diferentes métodos de pulverização, utilizando drone, pulverizador tratorizado e costal e um tratamento testemunha sem aplicação (Tabela 1). Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo cada uma composta por uma parcela de 15 x 18 metros.

Em todos os tratamentos foi preparada calda de pulverização com as seguintes doses e produtos, na ordem que foram adicionados à calda: 35,25 g/ha de tiametoxam + 26,50 g/ha de lambdacialotrina (Engeo Pleno™ S, Syngenta) e 30,00 g/ha de bifentrina + 90,00 g/ha de carbossulfano (Talisman®, FMC). Foi usada a associação de dois inseticidas comerciais, contendo inseticidas de três grupos químicos diferentes, visando evitar possíveis falhas de controle

associadas à tolerância da população de percevejos a um ou outro produto ou grupo químico. Durante a pulverização de cada tratamento a temperatura e umidade do ar, e velocidade do vento foram registrados com um termohigrômetro e anemômetro portátil.

Para avaliação dos tratamentos foi realizada amostragem dos percevejos antes e 3, 5, 7 e 10 dias após a aplicação. A amostragem foi realizada pelo método do pano-de-batida, com quatro subamostras por parcela. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos utilizados para estudar o desempenho da pulverização de inseticidas na cultura da soja para o controle do percevejo-marrom (*E. heros*). Embrapa Soja, Londrina, PR, safra agrícola 2020/2021.

Tratamentos (em parênteses o volume de calda)	Ponta de pulverização	Pressão de trabalho	Velocidade de deslocamento
Testemunha sem aplicação	-	-	-
Drone (10L/ha)	TeeJet XR 110 01	1,25 bar (18,13 PSI)	14,4 Km/h
Trator (36L/ha) sem cortina de ar	BD 110 01	1,25 bar (18,13 PSI)	9 Km/h
Trator (36L/ha) com cortina de ar	BD 110 01	1,25 bar (18,13 PSI)	9 Km/h
Trator (80L/ha) sem cortina de ar	JFC 80 015	3,79 bar (55 PSI)	9 Km/h
Costal (200L/ha)	JFC 80 015	3,79 bar (55 PSI)	3,6 Km/h

Resultados e Discussão

A densidade de percevejos foi equivalente nas parcelas do mesmo bloco, no momento da instalação do experimento, indicado pela diferença não significativa entre as médias dos tratamentos na pré-contagem (Tabela 2). A densidade média de percevejos no momento da instalação do experimento foi de 1,89 percevejos/pano, próxima ao nível de ação de 2 percevejos/pano (Roggia et al., 2020). Ao longo das datas de avaliações do experimento a densidade de percevejos na testemunha teve um pico populacional aos 7 dias após a pulverização (DAP), atingindo 4,81 percevejos/pano, reduzindo para 2,81 percevejos/pano aos 10 DAP.

Ao longo de todas as datas de avaliação, após a pulverização, o tratamento costal foi o que apresentou os melhores resultados de controle, com menor densidade populacional de percevejos. Não diferiram deste tratamento todas as demais tecnologias de aplicação, nas avaliações realizadas aos 3, 5 e 7 DAP. Na avaliação realizada 10 DAP a única tecnologia de aplicação que apresentou densidade de percevejos significativamente maior do que a aplicação costal foi a aplicação com trator, com 80L/ha, sem cortina de ar. Neste caso específico, a mesma combinação de ponta e pressão foi usada na aplicação costal e com o trator, porém como a velocidade de deslocamento na aplicação costal é menor, foi usado um volume 2,5 vezes maior neste tratamento do que na aplicação com trator. É possível que o maior volume de calda tenha proporcionado melhor distribuição do produto na planta e proporcionado maior contaminação dos insetos e, conseqüentemente, controle mais adequado da praga.

A pulverização com drone, utilizando 10 L de calda/ha, apresentou resultados equivalentes ao melhor tratamento, com aplicação costal, utilizando 200 L de calda/ha, isso indica que é possível obter bom desempenho de controle de percevejos mesmo com reduzido volume de calda. Segundo Ferrari et al., (2014) quando se utiliza de técnicas adequadas há a possibilidade de reduzir o volume de calda de pulverização para 50 L/ha, sem que haja perda de eficiência de controle de percevejos em soja. No presente estudo uma combinação diferente de ponta e pressão foi usada entre os tratamentos, que pode ter gerado um espectro de gotas adequado para a pulverização de baixo volume com drone. É importante destacar que as condições de temperatura e umidade durante a pulverização com drone foram um pouco mais favoráveis em relação à pulverização costal. Neste caso é possível que, o maior volume de calda utilizado na pulverização costal tenha reduzido os efeitos negativos da temperatura um pouco mais alta e umidade um pouco mais baixa em relação a pulverização com drone, gerando resultados equivalentes entre estes dois tratamentos (Tabela 3).

Não foi observada diferença significativa de desempenho entre as duas pulverizações realizadas com trator, sem cortina de ar, uma utilizando 36 L de calda/ha e outra 80 L de calda/ha. Indicando que os volumes de calda diferentes não afetaram o desempenho de controle de percevejos. Destaca-se que o menor volume de calda foi aplicado em condições um pouco mais críticas,

com temperatura do ar de 2 °C maior, umidade do ar 8% menor e vento 5km/h maior do que a pulverização com maior volume, indicando que a combinação de ponta e pressão de pulverização do tratamento de menor volume proporcionou um espectro de gotas adequado proporcionando bom controle de percevejos mesmo em condições ambientais um pouco mais críticas.

O uso de cortina de ar não melhorou o desempenho do controle de percevejos, o mesmo foi observado por Prado et al. (2010), onde os autores concluem que a diferentes velocidades da assistência de ar junto a barra de pulverização não influenciam no controle de percevejos. Comparativamente a pulverização sem cortina de ar, com o mesmo volume de calda, velocidade de deslocamento e nas mesmas condições meteorológicas. É possível que, nesse caso, as condições ambientais não foram limitantes e a combinação de ponta de pulverização e pressão proporcionou desempenho satisfatório, de modo que a utilização do sistema de cortina de ar não incrementou a eficiência da pulverização no controle da praga.

Conclusão

A pulverização com drone, utilizando 10 L de calda/ha apresenta desempenho de controle de percevejos equivalente a pulverização com trator utilizando volumes de calda de 36 L e 80 L/ha e costal com 200 L/ha.

O desempenho de controle de percevejo obtido com diferentes tecnologias de aplicação não depende do volume de calda utilizado, mas da combinação adequada de ponta de pulverização e pressão de trabalho, além de condições ambientais favoráveis.

Nas condições deste estudo, o uso de cortina de ar não aumenta o desempenho do controle de percevejos comparativamente à pulverização sem cortina de ar, com o mesmo volume de calda, velocidade de deslocamento e nas mesmas condições meteorológicas.

Tabela 2. Densidade de percevejos¹ em soja pulverizada com diferentes tecnologias de aplicação. Londrina, PR, safra agrícola 2020/2021.

Tratamentos (em parênteses o volume de calda)	Datas de avaliação ²				
	Pré	3 DAP	5 DAP	7 DAP	10 DAP
Testemunha sem aplicação	1,69	1,75 a	1,56 a	4,81 a	2,81 a
Drone (10L/ha)	1,38	0,94 ab	0,75 b	1,94 b	1,75 bc
Trator (36L/ha) sem cortina de ar	1,88	0,81 b	0,63 b	1,75 b	1,56 bc
Trator (36L/ha) com cortina de ar	2,06	1,00 ab	0,75 b	1,50 b	1,44 bc
Trator (80L/ha) sem cortina de ar	2,00	0,38 b	0,56 b	1,25 b	1,88 b
Costal (200L/ha)	2,31	0,44 b	0,56 b	1,50 b	0,88 c
Nível de significância (p-valor)	>0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Coefficiente de variação (%)	28,00	43,00	26,44	27,14	22,57

¹ Corresponde a população insetos pragas, composta por ninfas de 3^o - 5^o instar e adultos de todas as espécies de percevejos, com predomínio de *Euschistus heros*. ² Pré: precontagem. DAP: dias após a pulverização, médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferenciaram entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% significância.

Tabela 3. Condições meteorológicas medidas durante as pulverizações de cada tratamento. Londrina, PR, safra agrícola 2020/2021.

Tratamentos (em parênteses o volume de calda)	Temperatura do ar	Umidade do ar	Velocidade do vento
Drone (10L/ha)	27 °C	56 %	5 km/h
Trator (36L/ha) sem cortina de ar	31 °C	46 %	7 km/h
Trator (36L/ha) com cortina de ar	31 °C	44 %	7 km/h
Trator (80L/ha) sem cortina de ar	28 °C	54 %	2 km/h
Costal (200L/ha)	31 °C	47 %	4 km/h

Referências

- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: safra 2020/2021, 8º. levantamento, maio 2021.** 115 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 2 jun. 2021.
- CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ALEXANDRE, T. M.; PELLIZZARO, E. C.; MOSCARDI, F.; BUENO, A. de F. **Práticas de manejo de pragas utilizadas na soja e seu impacto sobre a cultura.** Embrapa Soja: Londrina, 2010. 16 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 78).
- FERRARI, F.; ROGGIA, S.; FELIX, L.F. Efeito do volume de calda, adjuvante e horário de aplicação sobre a eficiência de controle de percevejos em soja. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 9., 2014, Londrina. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2014. p. 110-119. (Embrapa Soja. Documentos, 352)
- OZEKI, Y.; KUNZ, R. P. Tecnologia de aplicação aérea – aspectos práticos. In: GUEDES, J. V. C.; DORNELLES, S. H. B. (Ed.). **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos.** Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária; Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p. 65-78.
- PANIZZI, A. R.; BUENO, A. de F. B.; SILVA, F. A. C. 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.
- PRADO, E. P.; RAETANO, C. G.; AGUIAR-JÚNIOR, H. O.; CHRISTOVAM, R. S.; DAL POGETTO, M. H. F. A.; GIMENES, M. J. Velocidade do fluxo de ar em barra de pulverização no controle químico de *Anticarsia gemmatalis*, Hübner e percevejos na cultura da soja. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 995-1004, 2010.
- RAMOS, H.; SANTOS, J. M. F. dos; ARAÚJO, R. M. de; BONACHELA, T. M.; SANTIAGO, T. **Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários.** São Paulo: ANDEF; COGAP, 2010. 50 p.
- ROGGIA, S.; BUENO, A. de F.; FERREIRA, B. S. C.; SÓSA-GOMEZ, D. R.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; HIROSE, E.; GAZZONI, D. L.; PITTA, R. M.; PEREIRA, P. R. V. da S.; OLIVEIRA, C. M. de; CARVALHO, L. F. T. de. Manejo integrado de pragas. In: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. (Ed.). **Tecnologias de produção de soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2020. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17). p. 197-226.
- SOSA-GÓMEZ, D. R.; OMOTO, C. Resistência a inseticidas e outros agentes de controle 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.

Qualidade do manejo do solo em glebas agrícolas nas regiões norte e noroeste do Paraná

GLOOR, V. S.¹; SCHNEIDER, V. M.²; CECATTO, S. el K.³; FRANCHINI, J. C.⁴; BALBINOT JUNIOR, A.A.⁴; SANTOS, E. L. dos⁵; FURLANETTO, R. H.⁶; NUNES, E. da S⁶; DEBIASI, H.⁴

¹Faculdade Pitágoras, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR, vinicius_gloor@hotmail.com; ²Centro Universitário Filadélfia - UNFIL, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR., ³Estudante de doutorado, UEL; ⁴ Pesquisador, Embrapa Soja; ⁵Centro Universitário Assis Gurgacz – FAG, Cascavel, PR.; ⁶Engenheiro Agrônomo, Cocamar Cooperativa Agroindustrial.

Introdução

Com o atual aquecimento do agronegócio mundial a degradação dos nossos solos é uma grande preocupação, principalmente quando o modelo de produção de grãos empregado tem baixa diversidade de espécies vegetais e está aliado a operações de preparo do solo (gradagens e escarificações) sem critério técnico. Entre as consequências negativas desses modelos, está a degradação da estrutura do solo pela compactação, o que compromete seus atributos físicos e, em consequência, prejudica a produtividade das culturas e intensifica os processos erosivos (Didoné et al., 2015). Desse modo, conhecer a qualidade do manejo do solo empregada em escala regional, por meio da determinação de indicadores e da identificação das práticas utilizadas em glebas agrícolas, sob diferentes manejos e condições de clima e solo, pode ser uma alternativa para identificar potencialidades e limitações de cada região (Debiasi et al., 2015). Métodos participativos que utilizam alguns indicadores de qualidade do solo, como o IQP (Índice de Qualidade Participativo), têm sido empregados com sucesso para identificar potencialidades e limitações dos manejos empregados. A metodologia é pautada na rotação de culturas, cobertura permanente e não revolvimento do solo, que são os três pilares do sistema de plantio direto (Roloff et al., 2011; Martins et al., 2018).

A região noroeste é caracterizada por solos arenosos e franco-arenosos (Latossolos e Argissolos) formados a partir do Arenito Caiuá (Bhering et al., 2007), com predomínio de altitudes entre 230 m e 540 m (IAT, 2009). Na

região norte predominam solos de origem basáltica, com textura argilosa a muito argilosa (Latossolo, Nitossolos e Cambissolos) (Bhering et al., 2007). Porém, parte da região norte apresenta solos de textura arenosa a média, incluindo solos derivados do Arenito Caiuá (Latossolos e Argissolos). Nessa região, a altitude varia de aproximadamente 350 m a 1100 m (IAT, 2009).

Como as regiões norte e noroeste do estado do Paraná apresentam ampla variação de clima, tipo de solo e altitude é de se esperar uma grande diversidade de ambientes. Diante disso, a hipóteses do presente trabalho é que a avaliação de diferentes ambientes de produção por meio de indicadores de qualidade do solo, pelo método do IQP, possa identificar potencialidades e limitações dos manejos empregados. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade do manejo do solo em glebas agrícolas nas regiões norte e noroeste do Paraná.

Material e Métodos

Foram selecionadas 24 áreas agrícolas pertencentes a 11 municípios das regiões norte e noroeste do Paraná, agrupadas em quatro sub-regiões definidas, tendo como base a localização geográfica, o material de origem do solo e a altitude, características que determinam, em grande parte, os sistemas de produção adotados e o potencial de produtividade: (1) Noroeste arenito: seis áreas nos municípios de Ângulo, Floraí, Iporã, Cafezal do Sul e Jussara, com altitude < 500 m e solos de textura arenosa; (2) Noroeste basalto: seis áreas nos municípios de Floraí, Jussara, Mandaguaçu e São Jorge do Ivaí, com altitude < 600 m e solos de textura argilosa; (3) Norte baixo: seis áreas localizadas em Primeiro de Maio e Sertanópolis, com altitude < 500 m e solos de textura muito argilosa; e (4) Norte alto: seis áreas nos municípios de São Sebastião da Amoreira e Santa Cecília do Pavão, com altitude > 650 m e solos muito argilosos. Para possibilitar as análises e comparações, as áreas foram classificadas em dois grupos, conforme o modelo de produção adotado nas últimas três safras antes da amostragem (2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019): (1) Padrão: caracterizado pelas sucessões milho 2ª safra/soja e trigo/soja; e (2) Aprimorado: modelos de produção com maior diversidade de espécies vegetais e/ou maior potencial de produção e persistência de palha

e raízes (neste caso a principal espécie de cobertura utilizada foi a braquiária ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*), solteira ou consorciada com o milho 2ª safra).

De forma participativa, com o produtor e/ou responsável técnico da gleba, associado à observação *in loco* das características da área pela equipe de campo, foram caracterizados os sistemas de produção, por meio de questionário, que englobou, de forma resumida, os seguintes pontos: 1) Localização, área cultivada, coordenadas geográficas e altitude; 2) Tempo de utilização do PD; 3) Presença ou não de terraços na área; 4) Realização ou não das operações de pulverização e/ou semeadura em nível; 5) Frequência de transbordamentos de água nos terraços; 6) Existência ou não de sinais de erosão (escoamento superficial de água, arraste de palha, sulcos e/ou acúmulo de terra) e origem da mesma (gleba avaliada, glebas em cota superior ou estrada); 7) Presença ou não de compactação do solo; em caso positivo, localização do problema na gleba (área total ou de manobras – “cabeceiras”); 8) Realização ou não de preparo do solo nos últimos três anos; em caso positivo, identificação do implemento utilizado e a abrangência da operação (área total ou de manobras – “cabeceiras”); 9) Utilização de adubação orgânica e critérios técnicos para a definição das doses aplicadas (balanço de nutrientes e análise química do solo); 10) Realização ou não de análises químicas de solo; 11) Espécies vegetais cultivadas nas últimas três safras, seu arranjo espaço-temporal e épocas aproximadas de semeadura e colheita ou manejo.

Com base nas informações levantadas durante a fase de caracterização das glebas (questionários e observação *in loco*) foi determinado o índice de qualidade participativo do plantio direto (IQP), proposto originalmente por Roloff et al. (2011) e atualizado em sua 2ª versão (IQP2) por Martins et al. (2018). O IQP2 é expresso por um valor numérico que varia de 0 a 10, calculado pela soma da pontuação (0 a 1) atribuída a oito indicadores, de acordo com critérios específicos (Tabela 1), multiplicada por um fator de ponderação que reflete a importância de cada indicador, conforme a equação abaixo. Quanto maior o valor obtido melhor é a qualidade do manejo do solo.

Em que: IR = Intensidade da rotação (IR); DR = Diversidade da rotação (DR), PR = Persistência da palhada (PR), FP = Frequência de preparo do solo (FP), TE = Terraceamento (TE), AC = Conservação do solo (CS), FE = Fertilização equilibrada (FE) e TA = Tempo de adoção do sistema (TA). Os indicadores

descritos podem assumir valores de 0 a 1, sendo que os valores “1,5” e “1,0” da equação referem-se aos fatores de ponderação.

A fim de viabilizar o diagnóstico da qualidade do manejo pelo índice de qualidade participativo do plantio direto, versão 2 (IQP2), foram determinadas cinco classes de interpretação (muito bom, bom, regular, ruim e muito ruim), conforme os critérios indicados na Tabela 1.

Tabela 1. Limites inferiores e superiores das classes de interpretação estabelecidas para o do índice de qualidade participativo do plantio direto versão 2 (IQP2).

Indicador	Classe de interpretação				
	Muito Ruim	Ruim	Regular	Bom	Muito Bom
IQP2 ⁽²⁾	Mín. ⁽¹⁾ a 5,0	5,1 a 6,0	6,1 a 8,0	8,1 a 9,0	9,0 a 10

⁽¹⁾ Valores médios mínimos (Mín.) do indicador entre todas as áreas avaliadas. Médias obtidas por área. ⁽²⁾ IQP2 = índice de qualidade participativo do plantio direto (Roloff et al., 2011; Martins et al., 2018).

Resultados e Discussão

A caracterização das práticas de manejo do solo adotadas nas áreas agrícolas avaliadas na safra 2018/2019 é apresentada na Tabela 2. Embora o PD seja adotado em 100% das 24 áreas que participaram do diagnóstico, em 11 (45,8%) houve pelo menos um preparo do solo nas últimas três safras, com uso de escarificadores e/ou grades. A maior parte das áreas com histórico recente de preparo do solo estão localizadas nas regiões Noroeste Basalto e Norte Baixo. Nessas regiões, 8 das 12 áreas (67%) foram submetidas a preparos do solo nas três últimas safras. A utilização de operações de preparo do solo sem critérios técnicos impõe sérios riscos à sustentabilidade dos sistemas de produção relacionados à intensificação das perdas de água e solo por erosão (Dechen et al., 2015), bem como à redução da produtividade das culturas, especialmente em anos secos (Bertollo et al., 2021). Esses riscos, por sua vez, estão associados à eliminação da cobertura do solo, às perdas de MOS e à degradação da estrutura do solo, induzidas pelo preparo.

Tabela 2. Caracterização da área agrícolas avaliadas nas regiões norte e noroeste do Paraná (safra 2018/2019), quanto ao preparo do solo e a aspectos relacionados à conservação do solo. Embrapa Soja/Cocamar, 2021.

Área (A)	Preparo do solo ⁽¹⁾	Terraceamento		Operações em nível		Sinais de erosão
		Presença	Falhas ⁽²⁾	Semeadura	Cultivo	
A1	Não	Sim	> 3	Sim	Não	Sim
A2	Não	Sim	1	Sim	Sim	Não
A3	Não	Sim	0	Sim	Não	Não
A4	Gradagem	Sim	2	Sim	Não	Sim
A5	Não	Sim	0	Sim	Não	Não
A6	Não	Sim	1	Sim	Não	Não
A7	Gradagem	Sim	> 3	Sim	Não	Sim
A8	Gradagem	Sim	0	Sim	Não	Não
A9	Não	Sim	0	Sim	Não	Não
A10	Não	Sim	1	Sim	Não	Não
A11	Não	Sim	0	Sim	Não	Sim
A12	Gradagem	Sim	0	Sim	Não	Não
A13	Escarificação	Sim	0	Sim	Não	Não
A14	Escarificação	Sim	0	Sim	Não	Não
A15	Não	Sim	0	Sim	Não	Não
A16	Gradagem	Sim	3	Sim	Não	Não
A17	Gradagem	Sim	2	Sim	Não	Não
A18	Gradagem	Sim	1	Sim	Sim	Sim
A19	Gradagem	Não	-	Não	Não	Não
A20	Não	Não	-	Não	Não	Não
A21	Gradagem	Não	-	Não	Não	Sim
A22	Não	Não	-	Não	Não	Não
A23	Não	Não	-	Não	Não	Não
A24	Não	Não	-	Não	Não	Não

Relativo às últimas três safras (2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019). ⁽²⁾ Número de transbordamentos relatados nas últimas cinco safras (2014/2015, 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019).

Considerando a ocorrência frequente de chuvas de alta intensidade nas regiões norte e noroeste do Paraná, o uso de práticas de controle mecânico da erosão, com destaque para o terraceamento e a realização das operações de semeadura e cultivo em nível é imprescindível, mesmo em áreas sob PD. Nesse sentido, observa-se que todas as áreas avaliadas nas regiões noroeste arenito, noroeste basalto e norte baixo são terraceadas, com a semeadura sendo realizada em nível (Tabela 2). Em contrapartida, 100% das áreas amostradas na região norte alto não apresentam terraços e, em consequência, a semeadura não é realizada em nível. A pulverização e outras operações de cultivo são conduzidas em nível em apenas duas das 24 áreas avaliadas, considerando as quatro regiões abrangidas pelo diagnóstico.

Das 18 áreas com terraços, 9 (50%) apresentaram pelo menos uma falha (transbordamento) nas últimas 3 safras. Dessas 9 áreas, 8 (90%) foram submetidas a gradagens e/ou utilizam modelos de produção padrão. Tal fato é resultado do aumento no volume de água escoado na superfície do solo, a ponto de ultrapassar a capacidade de armazenamento dos canais dos terraços em caso de chuvas intensas. A falta de manutenção periódica dos terraços, a fim de manter a sua capacidade de contenção da enxurrada é outro fator associado à ocorrência de transbordamentos.

A presença de sinais visíveis de erosão (sulcos) é um indicador da gravidade dos problemas de conservação do solo (Tabela 2). Nesse sentido, sinais de erosão foram verificados em seis das 24 áreas avaliadas (25%). Todos os casos que apresentaram sinais visíveis de erosão referem-se a áreas submetidas a, pelo menos, uma gradagem nas últimas três safras e que utilizam modelos de produção padrão. O que, novamente, pode ser explicado pelos efeitos negativos dessas práticas na infiltração de água e na cobertura do solo.

Os valores do IQP2 calculados para as áreas monitoradas e seu enquadramento em classes de interpretação definidas neste trabalho (Tabela 1), são mostrados na Figura 1. Apenas 3 das 24 áreas (12,5%) avaliadas apresentaram IQP2 superior a 8, sendo assim enquadradas na classe “bom”. Por outro lado, o IQP2 foi classificado como “ruim” ou “muito ruim” em 11 áreas (45,8%) e “regular” em outras 10 (41,7%). Considerando os critérios de interpretação indicados por Roloff et al. (2011), nenhuma área obteve valor igual ou superior a 8,5, considerado desejável. A condição de “alerta”, quando os valores

do IQP2 estão entre 7 e 8,49 foi observada em 7 áreas (29,2%). A grande maioria das áreas (17, ou 70,8%) obteve um IQP2 inferior a 7, indicando uma condição “crítica”. Portanto, os resultados obtidos neste estudo indicam que a qualidade do manejo do solo pode melhorar bastante nas regiões norte e noroeste do Paraná, mediante a adoção de práticas e tecnologias amplamente validadas pela pesquisa e, em geral, conhecidas dos produtores.

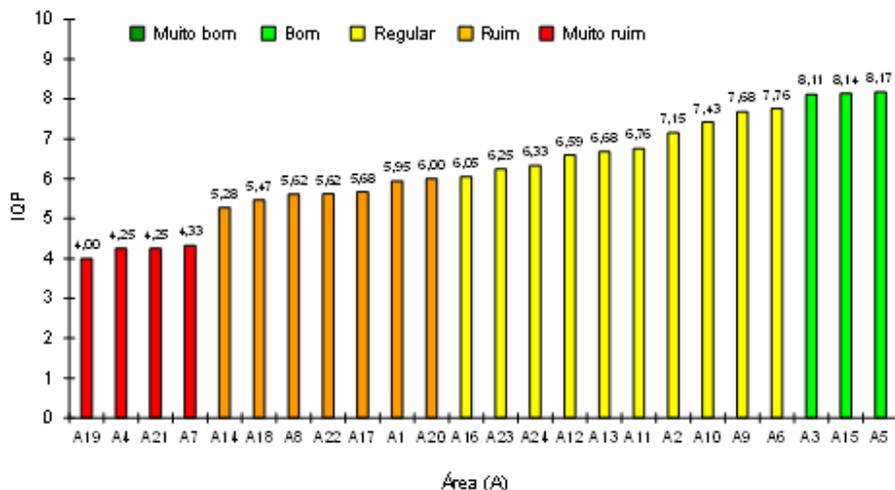


Figura 1. Índice de qualidade participativo do plantio direto versão 2 (IQP2) das áreas agrícolas avaliadas nas regiões norte e noroeste do Paraná (safra 2018/2019). Embrapa Soja/Cocamar, 2021.

A análise individual dos indicadores que compõem o IQP2 permite inferir a respeito dos fatores mais limitantes à qualidade do PD e que, portanto, necessitam de maior atenção. Conforme a Figura 2, verifica-se que os três indicadores com maior proporção de áreas na condição “crítica” foram, em ordem decrescente: IR>CS>FP. Esses resultados evidenciam que a intensificação dos modelos de produção, com a redução do tempo em que as áreas permanecem em pousio e consequente aumento da produção de palha e raízes, associada à eliminação de operações de preparo do solo sem critério técnico e à melhoria de aspectos relacionados à conservação do solo (redução do escoamento superficial e da compactação), são aspectos de fundamental importância para melhor a qualidade do PD nas regiões norte e noroeste do estado.

Ressalta-se também que o indicador DR foi qualificado como “regular” em 100% áreas avaliadas (Figura 2), uma vez que o modelo de produção para todas elas é baseado em plantas de duas famílias botânicas (fabáceas e poáceas). Apesar de demonstrar que a diversificação de famílias nos modelos de produção é ponto importante a ser melhorado, considerando o universo da amostra deste diagnóstico, esse resultado evidencia a baixa sensibilidade do indicador em detectar diferenças entre as áreas. A utilização concomitantemente de algum outro critério para este indicador, relacionado ao número de espécies diferentes nos modelos de produção, pode ser uma alternativa para melhorar a sensibilidade do mesmo, proporcionando maior diferenciação entre as áreas.

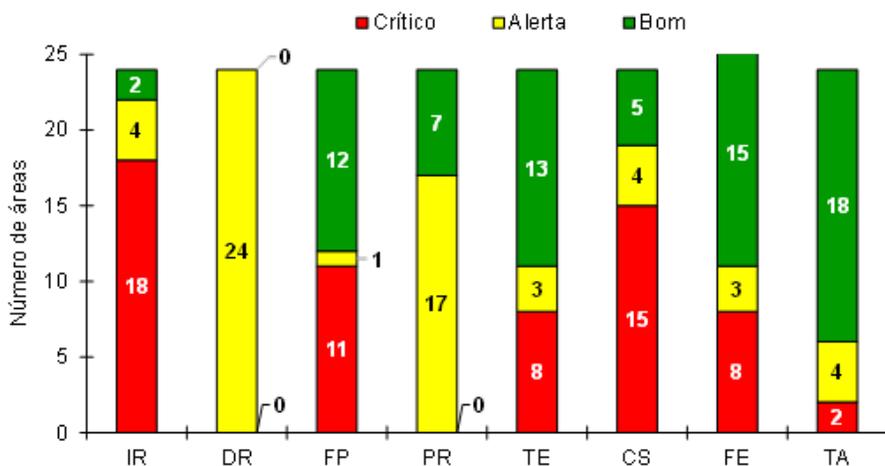


Figura 2. Número de áreas agrícolas avaliadas nas regiões norte e noroeste do Paraná (safra 2018/2019), enquadradas nas classes “Crítico”, “Alerta” e “Bom” para os indicadores componentes do índice de qualidade do plantio direto (IQP). Embrapa Soja/Cocamar, 2020. IR = intensidade da rotação; DR = diversidade da rotação; FP = frequência de preparo do solo; PR = persistência da palhada; TE = terraceamento; CS = conservação do solo; FE = fertilização equilibrada; TA = tempo de adoção do sistema plantio direto (SPD).

Conclusão

A qualidade do manejo do solo na maioria das áreas avaliadas (70,8%) obteve um IQP2 inferior a 7, o que caracteriza uma condição “crítica”. Apenas

(12,5%) das áreas avaliadas apresentaram IQP2 superior a 8, sendo enquadradas na classe “bom”. Nenhuma área obteve valor igual ou superior a 8,5, o que seria considerado desejável.

Referências

BERTOLLO, A. M.; MORAES, M. T.; FRANCHINI, J. C.; SOLTANGHEISI, A.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; LEVIEN, R.; DEBIASI, H. Precrops alleviate soil physical limitations for soybean root growth in an Oxisol from southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 206, 104820, 2021. 11 p.

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. dos; MANZATTO, C. V.; BOGNOLA, I. A.; FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P. de; POTTER, R. O.; CURCIO, G. R. **Mapa de solos do estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007. 73 p. (Embrapa Solos. Documentos, 96).

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; CONTE, O. **Diversificação de espécies vegetais como fundamento para a sustentabilidade da cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 60 p. (Embrapa Soja. Documentos, 366).

DECHEN, S. C. F.; TELLES, T. S.; GUIMARÃES, M. de F.; DE MARIA, I. C. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. **Bragantia**, v. 74, p. 224-233, 2015.

DIDONÉ, E. J.; MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H. Quantifying soil erosion and sediment yield in a catchment in southern Brazil and implications for land conservation. **Journal of Soil and Sediments**, v. 15, p. 2334-2346, 2015.

IAT – INSTITUTO ÁGUA E TERRA. **Dados geoespaciais de referência**: Folhas Topográficas do Estado do Paraná 1:50.000. [2009]. Disponível em: <http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Dados-geoespaciais-de-referencia>. Acesso em: 12 maio 2021.

MARTINS, A. L. da S.; CONTE, O.; OLIVEIRA, P. de; DOSSA, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; HERNANI, L. C.; RALISCH, R.; LEONARDO, H. C. L.; LUNARDI, L.; SALTON, J. C.; TOMAZI, M.; PITOL, C.; DE BONA, F. D.; BOEIRA, R. C. **Avaliação ex ante do Índice de Qualidade Participativo do Plantio Direto (IQP) com produtores do Centro-Sul do Brasil**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. 52 p. il. color. (Embrapa Solos. Documentos, 203).

ROLOFF, G.; LUTZ, R. A. T.; MELLO, I. Índice de **qualidade participativo do plantio direto**. Ponta Grossa: FEBRAPD, 2011. 27 p. (FEBRAPDP. Boletim Técnico, 2).

Controle da lagarta *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho com inseticidas químicos associados a extratos de planta

ESTABELE, D. L.¹; BASSETTO FILHO, J. J.²; PINHO, C. A.³; OLIVEIRA, T. L. de³; GOMES, L. R. O.³; ZAMBRANA, G. de O.⁴; PRESTES, C. F.²; FUGA, F.²; ROGGIA, S.⁵

¹UNOPAR Piza, bolsista, Londrina, PR, dandaraestabele@hotmail.com; ²UNIFIL, bolsista, Londrina, PR; ³UNESP, bolsista, Jaboticabal, SP; ⁴UEL, bolsista, Londrina, PR; ⁵Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais mais cultivados no mundo, possui ampla diversidade de usos, é produzido em diferentes escalas e regiões, sendo de expressiva importância econômica e social em diversos países. Diversos fatores podem limitar a produção de milho em campo, entre eles o ataque de pragas. A lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), é uma das principais pragas do milho causando perdas de produção de 34% a 52% (Borém et al., 2017). Esta lagarta pode atacar o milho tanto na fase vegetativa quanto na fase reprodutiva, sendo importante como praga da parte aérea quanto da espiga (Cruz, 1999; Waquil; Vilella, 2003; Rosa; Barcelos, 2012). Além do milho, ataca vários outros cultivos, entre eles sorgo, soja, arroz, algodão, pastagens (Borém et al., 2017).

Em 2007, foi aprovado o cultivo comercial de milho Bt no Brasil, que consistem em plantas geneticamente modificadas com a inserção de genes da bactéria *Bacillus thuringiensis*, que produzem toxinas capazes de controlar a lagarta-do-cartucho. O correto uso de plantas Bt prevê que seja cultivada uma parte da lavoura com plantas não Bt (área de refúgio) a fim de evitar o desenvolvimento da resistência. A finalidade da área de refúgio é produzir insetos suscetíveis ao Bt em densidade suficiente para garantir o acasalamento destes com os eventuais insetos resistentes oriundos das áreas Bt (Mendes et al., 2018). Porém, devido ao uso incorreto da tecnologia associado a outros fatores, ao longo do tempo, populações da lagarta foram se tornando tolerantes a alguns eventos Bts disponíveis no mercado, necessi-

tando o monitoramento constante do nível de susceptibilidade das lagartas às diferentes toxinas Bt presentes nos híbridos disponíveis no mercado (Mendes et al., 2018).

Nesse contexto, outros métodos de controle são necessários, dentre os quais o controle químico é o mais amplamente utilizado (Borém et al., 2017). O controle químico da lagarta-do-cartucho deve ser baseado no monitoramento da praga pela contagem de lagartas presentes nas plantas e da avaliação visual da injúria por meio da Escala Davis. Essa escala foi desenvolvida para padronizar a avaliação da injúria causada pela lagarta e definir o momento correto para a aplicação de inseticidas, bem como, avaliar a efetividades das medidas de manejo adotadas (Hellwig et al., 2014). Para reduzir os riscos de desenvolvimento de populações de lagarta resistente a inseticidas químicos é importante que a cada pulverização sejam usados inseticidas de diferentes grupos químicos. Nesse contexto, o uso de produtos biológicos e extratos de planta apresenta destacada importância devido a sua maior seletividade em relação aos inseticidas químicos, preservando assim agentes de controle biológico de ocorrência natural e reduzindo a necessidade de aplicação de produtos químicos.

Assim foi desenvolvido um trabalho com objetivo de estudar o controle da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* em milho pulverizado com um produto comercial contendo extrato de neem e extrato de casca de laranja isoladamente e associado a inseticidas de três grupos químicos.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na fazenda experimental da Embrapa Soja, localizada nas coordenadas 23°11'S, 51°11'W e 630m de altitude (Sibaldelli et al., 2020). O trabalho foi conduzido na safra 2020/2021, foi utilizado o híbrido de milho convencional da Biomatrix BM270, semeado em 26 de outubro de 2020. As sementes foram tratadas com o inseticida Cruiser 350 FS (Syngenta) na dosagem 6 mL/kg, destinado ao manejo de percevejos. Para a semeadura foi utilizado um trator da marca Massey Ferguson e uma semeadora da marca Jumil, modelo 3070 PD EXACTA Pneumática de sete linhas. Foi realizada semeadura com o espaçamento 0,45 cm entre linhas com 3,3 sementes por

metro linear. Foi realizada adubação em linha com 250kg/ha do formulado químico NPK 10-20-20.

Foi utilizado delineamento de blocos ao acaso, contendo nove tratamentos com quatro repetições com parcelas de 9x10m. Os tratamentos consistiram em diferentes produtos, utilizados de forma isolada e combinada conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos estudados no experimento. Embrapa Soja, Londrina, PR, safra agrícola 2020/2021.

Tratamento	Ingrediente ativo (i.a.) ¹	Produto comercial (p.c.)	Dosagem do p.c./ha
T1	Extrato de neem e de casca de laranja (ENCL)	Openeem Plus (Openeem)	1,2 L/ha
T2	Extrato de neem e de casca de laranja (ENCL)	Openeem Plus (Openeem)	1,5 L/ha
T3	Lufenurom (grupo químico 15: Benzoiluréias)	Game (UPL)	0,3 L/ha
T4	Metomil (grupo químico 1A: Carbamatos)	Lannate® BR (Corteva)	0,6 L/ha
T5	Flubendiamida (grupo químico 28: Diamidas)	Belt® (Bayer)	0,15 L/ha
T6	Lufenurom + ENCL	Game + Openeem Plus	0,3 L/ha + 1,0 L/ha
T7	Metomil + ENCL	Lannate® BR + Openeem Plus	0,6 L/ha + 1,0 L/ha
T8	Flubendiamida + ENCL	Belt® + Openeem Plus	0,15 L/ha + 1,0 L/ha
T9	Testemunha sem aplicação	-	-

¹ Concentração de i.a. no p.c. de 5% para Lufenurom, 21,5% para Metomil e 48% para Flubendiamida

O experimento foi instalado no dia 23 de novembro de 2020, quando o milho estava em estágio V5. Os produtos foram aplicados com pulverizador costal pressurizado a CO₂. As pulverizações foram realizadas no período entre 13:00 e 14:10 horas, com vento de 6 a 16 km/h e temperatura de 30 °C.

Foi realizada avaliação da densidade populacional de lagartas vivas e notas de ataque aos 0, 3, 7 e 11 dias após a pulverização (DAP), nos estádios V5, V6, V7 e V8 do milho, respectivamente. As avaliações foram realizadas no período da manhã entre 8:00h e 11:00h. Em cada parcela foram coletados dez plantas para verificar a densidade populacional de lagartas. Adicionalmente dez plantas da primeira linha de todas as parcelas foram avaliadas quanto ao nível de ataque da lagarta *S. frugiperda* pela escala Davis, que consiste na atribuição de notas de desfolha de 0 a 9. No final do ciclo da cultura, em 26 de fevereiro de 2021, foi realizada a avaliação da estatura das plantas. Para esta avaliação, em cada parcela, foi medida a estatura de dez plantas sequenciais da quarta linha de cada parcela.

O manejo de plantas daninhas foi realizado com a aplicação dos herbicidas Atrazina (Nortox) + Soberan (Bayer), no dia 9 de dezembro de 2020, às 13:00 horas.

No final do ciclo foi demarcada uma área de 1,8 m² por parcela, foi contado o número de plantas nesta área e foram colhidas as espigas. Estas foram debulhadas e foi medida a massa de grãos colhida por parcela. Em seguida foi medida a umidade da massa de grãos, para correção da produção por amostra para 13% de umidade. Por fim foi calculada a produção por planta e a produtividade em sacas por hectare.

Os dados de contagem de lagartas, notas de ataque, estatura de plantas, número de plantas por amostra colhida, produção por planta e produtividade por hectare foram submetidos à análise de variância e havendo significância pelo teste f (ANOVA) as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Foi usado o teste de Scott-Knott por ser um experimento com considerável número de tratamentos e por desejar-se agrupar os tratamentos em conjuntos distintos.

Resultados e Discussão

Anteriormente à aplicação dos produtos (0 DAP), a densidade populacional de lagartas diferiu entre os tratamentos, porém as notas de ataque foram equivalentes (Tabela 2). A densidade populacional de lagartas na testemunha reduziu gradualmente com o passar do tempo, de 2,5 lagartas/10 plantas no

início do experimento para a 1,0 lagartas/10 plantas aos 11 DAP. O que indica ocorrência de mortalidade natural das lagartas ao logo do período. Esta mortalidade afetou principalmente a densidade de lagartas pequenas que predominavam (92%) no início do experimento e sua participação percentual na população reduziu gradativamente chegando a 51% na última avaliação.

Após a pulverização foi observada densidade populacional de lagartas significativamente inferior à testemunha apenas na avaliação realizada aos 3 DAT, sendo que a menor densidade populacional foi observada no tratamento Metomil + ENCL, e não diferiram deste os tratamentos ENCL (1,2L p.c./ha), Metomil e Flubendiamida.

Foram observadas notas de ataque inferiores a testemunha apenas na avaliação realizada aos 7 dias após a pulverização, sendo que as menores notas foram observadas no tratamento Flubendiamida + ENCL e não diferiram deste os tratamentos com inseticidas químicos utilizados de forma isolada e a associação Lufenurum + ENCL.

O aumento da dose de ENCL de 1,2 L do produto comercial/ha para 1,5L/ha não aumentou a mortalidade de lagartas. É importante destacar que a densidade populacional de lagartas na maior dose de ENCL foi significativamente maior do que a menor dose deste produto, isso pode ter contribuído para que o tratamento com a maior dose tenha apresentado densidade populacional significativamente superior a menor dose aos 3 DAT. Porém, nesta data a nota de ataque na maior dose foi menor do que na menor dose, indicando que o aumento da dose pode ter contribuído para a redução da atividade de desfolha da lagarta, mesmo não tendo causado maior mortalidade.

A associação de ENCL com Metomil e Flubendiamida reduziu significativamente a densidade de lagartas em relação ao uso isolado destes inseticidas químicos, observado na avaliação realizada aos 11 DAT. E foi observada menor nota de ataque de lagartas pela associação Metomil + ENCL em relação ao uso isolado de Metomil, na avaliação realizada aos 3 DAP. Na média das três datas de avaliação o percentual de redução populacional, em relação à infestação inicial, com Metomil + ENCL (70,11%) foi 4,0 vezes maior do que o resultado observado para o uso isolado de Metomil (17,39%). Também foram observados os melhores resultados de redução do avanço da injúria pela

associação Metomil + ENCL (21,76% em média), sendo 2,5 vezes menor do que com o uso isolado de Metomil (54,87%). Também para as outras associações houve contribuição do ENCL para a redução do avanço da injúria de 1,5 vezes para Lufenurom + ENCL e 1,3 vezes para Flubendiamida + ENCL. Apesar de que não foi observada redução populacional significativa para a associação de Lufenurom + ENCL em relação ao uso isolado de Lufenurom. Indicando que a contribuição do ENCL para a melhoria do desempenho de controle da lagarta-do-cartucho ou redução da intensidade de ataque desta, depende do do produto ao qual o ENCL é associado. Neste caso, o inseticida Lufenurom é um regulador de crescimento de lepidópteros, e considera-se que o efeito do extrato de neem (apesar de não totalmente esclarecido na literatura) possa ser similar ao efeito dos inseticidas reguladores de crescimento de insetos. Assim, é possível que, neste caso a associação de Lufenurom + ENCL reúna produtos com modos de ação similares, contribuindo menos para a complementariedade no controle da lagarta como foi observado para as outras associações do presente estudo.

A estatura de plantas, número de plantas por amostra colhida, produção por planta e produtividade por hectare não foram afetados pelos diferentes tratamentos estudados (Tabela 3). Apesar das diferenças no nível de infestação e injúria causada pelas lagartas em milho a produtividade não foi afetada, indicando que nas condições de milho de primeira safra, semeado no final de outubro. É importante destacar que a produtividade do milho obtida no presente estudo foi muito superior à produtividade média nacional de 94,86 sacas/ha para milho de primeira safra (Conab, 2021), indicando condições favoráveis de cultivo que podem ter proporcionado maior capacidade das plantas em compensar a injúria causada pela lagarta-do-cartucho.

Tabela 2. Densidade populacional da lagarta-do-cartucho e notas de ataque em milho pulverizado com diferentes inseticidas químicos associados a extrato de neem e de casca de laranja. Londrina, PR, safra agrícola 2020/2021.

Tratamentos ¹	Densidade populacional ^{2,3}				Nota de ataque ^{3,4}			
	0DAP	3DAP	7DAP	11DAP	0DAP	3DAP	7DAP	11DAP
ENCL (1,2L p.c./ha)	2,6 b	1,4 b	1,3	1,3 a	4,3 a	6,4 a	7,3 a	6,1 b
ENCL (1,5L p.c./ha)	3,5 a	2,7 a	1,8	1,4 a	4,2 a	5,3 b	7,7 a	7,0 a
Lufenurom	2,5 b	2,0 a	1,1	0,7 b	3,4 a	6,3 a	6,9 b	6,9 a
Metomil	1,7 c	1,5 b	1,3	1,6 a	4,0 a	5,8 a	6,8 b	6,2 b
Flubendiamida	2,1 c	1,7 b	1,0	1,3 a	3,5 a	5,1 b	6,9 b	5,7 b
Lufenurom + ENCL	2,8 b	2,2 a	1,5	1,4 a	4,1 a	6,0 a	7,6 a	6,4 a
Metomil + ENCL	3,2 a	1,0 b	0,9	1,0 b	4,8 a	5,5 b	6,7 b	5,5 b
Flubendiamida + ENCL	1,6 c	2,1 a	1,0	1,1 b	4,0 a	5,6 b	6,5 b	6,5 a
Testemunha	2,5 b	2,3 a	1,3	1,0 b	3,8 a	5,0 b	7,2 a	6,2 b
Nível de significância (valor de p)	p<0,01	p<0,01	p>0,05	p<0,01	p<0,05	p<0,01	p<0,01	p<0,01
Coefficiente de variação (CV%)	16,5	29,6	33,0	18,6	12,1	7,9	5,4	8,2

Tratamentos	Percentual de redução da infestação em relação à densidade populacional inicial				Percentual de aumento de ataque em relação a nota de ataque inicial			
	3DAP	7DAP	11DAP	Média	3DAP	7DAP	11DAP	Média
ENCL (1,2L p.c./ha)	46,67	51,43	52,38	50,16	46,82	69,36	39,88	52,02
ENCL (1,5L p.c./ha)	21,74	47,83	59,42	43,00	27,71	84,34	68,07	60,04
Lufenurom	21,78	55,45	72,28	49,83	86,03	101,47	102,94	96,81
Metomil	14,49	27,54	10,14	17,39	43,48	67,70	53,42	54,87
Flubendiamida	20,24	51,19	40,48	37,30	45,32	98,56	64,03	69,30
Lufenurom + ENCL	22,12	46,90	51,33	40,12	48,15	86,42	58,02	64,20
Metomil + ENCL	69,05	71,43	69,84	70,11	12,95	37,82	14,51	21,76
Flubendiamida + ENCL	-27,69	41,54	30,77	14,87	38,75	61,88	61,25	53,96
Testemunha	10,00	50,00	61,00	40,33	30,92	90,13	61,84	60,96

¹ ENCL: Extrato de neem e de casca de laranja; ² Densidade populacional: lagartas/10 plantas de milho; ³ DAP: dias após a pulverização; Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; ⁴ Notas de ataque segundo a escala de Davis (notas de 0-9)

Tabela 3. Estatura de planta e parâmetros de colheita de milho pulverizado com diferentes inseticidas químicos associados a extrato de nem e de casca de laranja visando o controle da lagarta-do-cartucho. Londrina, PR, safra agrícola 2020/2021.

Tratamento	Estatura de planta (m)	Número de plantas ¹	Produção (g/planta)	Produtividade (sacas/ha)
ENCL (1,2L p.c./ha)	2,12	12,50	142,94	164,77
ENCL (1,5L p.c./ha)	2,11	12,25	152,25	172,55
Lufenurom	2,14	12,25	151,72	171,95
Metomil	2,09	12,25	142,66	162,23
Flubendiamida	2,21	12,00	166,89	185,43
Lufenurom + ENCL	2,13	12,75	160,14	188,54
Metomil + ENCL	2,13	12,00	144,24	160,07
Flubendiamida + ENCL	2,13	12,00	150,76	167,09
Testemunha	2,12	12,00	155,77	171,95
Nível de significância (valor de p)	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05
Coefficiente de variação (CV%)	2,56 %	3,15 %	7,06%	3,10 %

¹ Número de plantas colhidas em 1,8m²/parcela

Conclusão

O uso dos produtos Metomil, Flubendiamida e extrato de nem e de casca de laranja (ENCL) e a associação Metomil + ENCL reduzem a densidade populacional da lagarta-do-cartucho em milho avaliado após 3 dias e apresentam desempenho semelhante entre si no controle desta praga.

O uso dos produtos Metomil, Flubendiamida e Lufenurom e a associação Flubendiamida + ENCL e Lufenurom + ENCL reduzem o nível de injúria causado pela lagarta-do-cartucho em milho comparado à testemunha e apresentam desempenho semelhante entre si na redução da injúria causada por esta praga em milho.

A associação de ENCL com Metomil e Flubendiamida reduz a densidade de lagartas em relação ao uso isolado destes inseticidas químicos. E a associação de ENCL com Metomil reduz o nível de injúria causado pela lagarta-do-cartucho em milho em relação ao uso isolado de Metomil.

O aumento da dose de ENCL de 1,2 L do produto comercial/ha para 1,5 L/ha não aumenta a mortalidade de lagartas.

Nas condições do presente estudo, de milho de primeira safra, semeado no final de outubro, a estatura de plantas, número de plantas por amostra colhida, produção por planta e produtividade por hectare não são afetados pelos diferentes produtos aplicados para o controle da lagarta-do-cartucho.

Referências

BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. (Ed.). **Milho: do plantio à colheita**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2017. 382 p.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: safra 2020/2021, 8º. levantamento, maio 2021**. 115 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 2 jun. 2021.

CRUZ, I. Lagarta-do-cartucho: enfrente o principal inimigo do milho. **Cultivar**, v. 1, n. 1, p. 16-20, 1999.

HELLWIG, L.; TRECHA, C. O.; MEDINA, L. B.; FIPKE, M.; BARCELOS, H. T.; ROSA, A. P. S. A. da. Reavaliação do nível de dano de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho convencional. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 58.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 41., 2013, Pelotas. **Resumos...** Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 14-29.

MENDES, S. M.; MARUCCI, R. C.; WAQUIL, J. M. Manejo de pragas nos sistemas de produção de milho no Brasil: inovações tecnológicas no manejo de lagartas em lavouras de milho convencional e Bt. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 32., 2018, Lavras. **Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil: livro de palestras**. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2018. cap. 9, p. 260-280.

ROSA, A. P. S. A. da; BARCELOS, H. T. **Bioecologia e controle de *Spodoptera frugiperda* em milho**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2012. 30 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 344).

SIBALDELLI, R. N. R.; GONÇALVES, S. L.; FARIAS, J. R. B. **Boletim agrometeorológico da Embrapa Soja, Londrina, PR - 2019**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 28 p. (Embrapa Soja. Documentos, 427).

WAQUIL, J. M.; VILELLA, F. M. F. Gene bom. **Cultivar**, v. 49, p. 22-26, 2003.

Níveis de infestação de *Euschistus heros* em genótipos com características de resistência a insetos: parâmetros de produtividade e indicadores de tolerância

SOUZA, G. de¹; NARCISO, R.²; MORAES, J. S.²; COTRIM, G. dos S.³; GRACA, J. P. da⁴; STUBS, R. P.⁵; ARIAS, C. A. A.⁶; HOFFMANN-CAMPO, C. B.⁶

¹ Graduação UNOPAR, souza_giovana98@outlook.com, ² Graduação UNOPAR, ³ Mestrado em Agricultura Conservacionista, IAPAR; ⁴ Especialização UNIFIL; ⁵ Pós -Doutorado, UEM; ⁶ Pesquisador, Embrapa Soja

Introdução

A soja é o grão mais cultivado no Brasil, produzindo na safra 2019/2020 135,41 milhões de toneladas, o que representou um aumento de 8,5% em relação à safra anterior e colocou o país como o primeiro produtor mundial (Conab, 2021). Essa commodity tem grande influência na balança comercial, considerando que o país é o maior exportador de soja, quer seja na forma de grãos ou de produtos processados. Entretanto, na lavoura, a soja é ameaçada por diversos estresses bióticos (insetos e doenças) e abióticos (fatores ambientais). De acordo com Panizzi et al. (2012), os percevejos fitófagos, *Euschistus heros*, *Piezodorus guildinii* e *Nezara viridula* estão entre os fatores bióticos que causam maior dano à cultura no Brasil, sendo o primeiro, a espécie mais abundante na maioria das lavouras de soja do país.

Os percevejos se alimentam diretamente das vagens e dos grãos, provocando prejuízos irreversíveis à produção inviabilizando os grãos atacados. Além disso, podem causar retenção foliar mantendo a planta em sua fase vegetativa e ocasionando maturação desuniforme dos grãos (Hoffmann-Campo et al., 2000). Os percevejos podem transmitir um fungo chamado *Eremothecium coryli* (syn. *Nematospora coryli*) que diminui a qualidade das sementes e, conseqüentemente, o seu valor comercial (Pinheiro et al., 2006). Devido à elevada capacidade de causar efeitos negativos à produção de soja, com forte demanda de inseticidas para o seu controle, novas alternativas de manejo de percevejos devem ser estudadas. O uso excessivo de agrotóxicos, além de causar danos ambientais, induz o surgimento de populações resistentes a certas moléculas (Sosa-Gómez; Omoto, 2012), em uso no país.

Uma das alternativas para o manejo de percevejos é o uso de genótipos resistentes/tolerantes que, dependendo do tipo, pode ser associado ao uso racional de agrotóxicos (Rossetto et al., 1986).

A resistência hospedeira ou resistência de plantas trata da manifestação de características herdadas geneticamente e que fazem com que determinada cultivar ou espécie manifeste menor efeito negativo que outra, considerada suscetível (Baldin et al., 2019). Genótipos com resistência a insetos podem ser obtidos pelo método de melhoramento vegetal, ou seja, pelo cruzamento tradicional de dois ou mais materiais genéticos. Ou, ainda, pelo auxílio de ferramentas biotecnológicas, como o uso de marcadores moleculares, que contribuem muito com programas de melhoramento, por meio de seleção assistida (Sosa-Gómez et al., 2012).

A aceitação de novas cultivares pelos agricultores como alternativa para o controle de insetos depende de alguns outros fatores. Um deles é que o material deve ter alta produtividade, aliada a características agrônomicas desejáveis, como altura e porte de plantas adequados e, ainda, resistência a pragas e doenças, o que torna o processo de seleção mais difícil e complicado. Desse modo, este trabalho tem como objetivo avaliar a resistência/tolerância de genótipos submetidos às mesmas condições ambientais, mantendo-se plantas de soja no campo, em gaiolas, com infestação de percevejos. Para isso foram estabelecidos quatro níveis de infestação em cultivares com a tecnologia Block® (Hoffmann-Campo et al., 2019) e da linhagem BRB15-237.527, desenvolvida pelo programa de melhoramento da Embrapa Soja para resistência/ tolerância a *E. heros*. Além disso, foram utilizadas as cultivares BRS 399 RR e NA 5909RG, já inseridas no mercado, como padrão de ciclo e produtividade. Assim, o presente trabalho tem por objetivo definir níveis críticos de infestação de *E. heros*.

Material e Métodos

O experimento foi instalado na fazenda experimental da Embrapa Soja, localizada em Londrina, PR, com genótipos de soja das plataformas Convencional, Roundup Ready (RR) e Intacta (IPRO). As cultivares BRS 399 RR e NA 5909RG foram consideradas padrões de ciclo e produtividade. A Tabela 1 mostra os genótipos testados, as plataformas de desenvolvimento e as tec-

nologias de desenvolvimento dos materiais testados, o grupo de maturação e as datas de semeadura. Para permitir que a infestação fosse realizada no mesmo dia e, com percevejos com idades semelhantes, as datas de semeadura foram definidas de acordo com o grupo de maturação (Tabela 1). O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso (DBC), em parcelas medindo 2 linhas de 1m de comprimento.

Tabela 1. Características de genótipos, convencional, produzidas por melhoramento tradicional, ou das plataformas geneticamente modificados, Roundup Ready (RR) e Intacta (IPRO), testados em gaiolas teladas.

Genótipo	Plataforma de desenvolvimento	Característica do genótipo	Grupo de maturação	Data de Semeadura
BRS 391	Convencional	Cultivar com tecnologia `Block` **	6.6	29/10/2021
BRS 523	Convencional	Cultivar com tecnologia `Block` *	5.8	13/11/2021
BRS 539	Convencional	Cultivar com tecnologia `Block e Shield` *	6.2	06/11/2021
BRS 543 RR	RR	Cultivar com tecnologia `Block` *	6.0	13/10/2021
BRS 1003 IPRO	Intacta IPRO	Cultivar com tecnologia `Block` *	6.3	03/10/2021
BRS 399 RR	RR	Padrão de produtividade e ciclo	6.0	09/10/2021
BRB15-237.527	Intacta (IPRO)	Linhagem promissora	5.7	16/11/2021
NA 5909RG	RR	Padrão de produtividade e ciclo	6.1	06/11/2021

* Hoffmann-Campo et al. (2019).

** Arias et al., (2018).

As parcelas (gaiolas) com duas linhas, com 15 plantas/ linha, totalizando 30 plantas por gaiola, foram cobertas com telas, suportadas por dois ferros em forma de U, presos ao solo de forma cruzada (Figura 1). Essas gaiolas foram cobertas desde o florescimento da soja, para evitar danos de outros insetos ou a ocorrência de posturas de percevejos e, após a infestação, no período reprodutivo, para evitar a saída dos insetos colocados nas gaiolas, mantendo o nível populacional previsto.



Figura 1. Gaiolas teladas utilizadas para a realização dos ensaios no campo. Cada gaiola era composta de 2 linhas com 1 m de comprimento, de cada genótipo com seus respectivos níveis de infestação (0, 4, 8 e 16 adultos de *Euschistus heros*/gaiola).

Os níveis de infestação em cada parcela foram: zero (testemunha, sem infestação), 4, 8 e 16 percevejos adultos/gaiola, sendo a infestação realizada no início do estágio R4 (Fehr; Caviness, 1977), em 28 de janeiro de 2021. Nas infestações foram utilizados insetos adultos, oriundos de ninfas coletadas na área experimental da Embrapa Soja, mantidas em gaiolas até a infestação. Para manter o nível de infestação do início ao fim do experimento, semanalmente as gaiolas foram vistoriadas para a reposição dos adultos mortos. Nessa ocasião, as parcelas sem infestação (nível zero) foram semanalmente pulverizadas com lambdacialotrina + tiametoxam (Platinum Neo™, Syngenta), na dose recomendada pelo fabricante para manter as plantas da gaiola livres insetos.

A retirada dos insetos foi realizada 30 dias após a infestação. A retirada das gaiolas (telas e armação de ferro) ocorreu na colheita, realizada no dia 11 de março de 2021, quando as plantas das parcelas (gaiolas) testemunhas, sem infestação (nível 0), atingiram o ponto de maturidade fisiológica. Nessa ocasião, avaliou-se a retenção foliar, segundo escala de zero a quatro, variando de 0 (1), 25 % (2), 50 % (3) e 75 % (4) de folhas retidas e/ou hastes verdes. A altura (cm) de plantas também foi aferida em todas as parcelas.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos na colheita dos genótipos estão na Tabela 1. A altura de plantas variou de 111,3 cm a 72,2 cm observadas, respectivamente, nas cultivares com tecnologia Block® BRS 523 e BRS 391, ambas oriundas da plataforma convencional (Tabela 2). Foi possível verificar que todos os genótipos testados atingiram altura adequada para a colheita mecânica.

A altura de inserção da primeira vagem (AI) é apontada como uma característica da cultivar sendo considerada adequada a AI de no mínimo 10 cm, visto que as colhedoras mecanizadas mais modernas conseguem colher as vagens que ficam neste patamar (Marcos-Filho, 1986). Em nosso experimento, observou-se que os genótipos testados, em geral, apresentaram valores maiores que 10 cm sendo a inserção mais elevada observada no genótipo BRS 543RR, variando de 14,7 (4 percevejos/ gaiola) a 18,8 cm, (sem percevejo). Os menores valores de AI foram detectados em BRB15-237.527 com 9,0 (nível zero) e 9,3 (nível 4).

A retenção foliar (RT), em geral, aumentou na medida do incremento do nível de infestação de percevejos. Na cultivar NA 5909RG, um dos padrões de ciclo e produtividade, as notas de RT observados foram 1,2 (nível zero), 2,8 (4 percevejos/gaiola), 3,3 (8 percevejos/gaiola) e 3,7 (16 percevejos/gaiola). Assim sendo, a intensa manutenção de folhas e hastes verdes observada a partir do nível de 4 percevejos/gaiola, ou seja, do nível de ação de 2 percevejos/m preconizado pela pesquisa, poderia dificultar a colheita mecânica da cultivar, considerando-se o “embuchamento” da colhedora e a possibilidade de ocorrer fermentação do material vegetal. Na BRS 399RR, os valores de RF oscilaram entre 1,3 (sem percevejos) e 2,5 (16 percevejos/m).

Nos genótipos com tecnologia Block®, a RF foi menor ou igual a 3. No maior nível populacional testado (16 percevejos/gaiola), as cultivares BRS 523 e BRS 543RR, além da linhagem BRB15-237.527 apresentaram as notas mais baixas nesse parâmetro, ou seja 1,3, 2,2 e 2,3, respectivamente. Na cultivar com tecnologia Block® e Shield®, as estimativas de RT foliar foram 1,2 (nível 0), 1,8 (nível 4), 2,3 (nível 8) e 3,0 (nível 4).

Tabela 2. Retenção foliar, altura de plantas e de inserção de 1ª vagem avaliadas em genótipos de soja com tecnologia Block® e em duas cultivares testemunhas de ciclo e produtividade (BRS 399RR e NA 5909RG), submetidos a quatro níveis de infestação, sob gaiolas, no campo.

Genótipos	Percevejo/ gaiola (Nº)	Altura (cm)				Retenção Foliar*	
		Planta		Inserção 1ª Vagem			
BRS 391	0	78,2	± 2,2	9,5	± 0,7	1,3	± 0,1
	4	72,2	± 0,9	11,0	± 1,0	2,2	± 1,1
	8	81,0	± 1,9	10,7	± 0,5	2,2	± 0,1
	16	77,3	± 1,9	10,8	± 0,8	2,7	± 0,1
BRS 523	0	111,3	± 2,3	13,0	± 0,7	1,3	± 0,1
	4	93,0	± 2,2	13,7	± 1,4	1,3	± 0,1
	8	105,0	± 1,4	15,2	± 1,4	1,7	± 0,1
	16	110,0	± 1,5	13,8	± 0,8	1,3	± 0,1
BRS 539	0	91,2	± 2,1	15,2	± 0,8	1,2	± 0,1
	4	97,8	± 3,2	13,2	± 0,8	1,8	± 0,1
	8	96,8	± 0,8	12,3	± 0,9	2,3	± 0,2
	16	93,0	± 1,4	9,5	± 0,3	3,0	± 0,1
BRS 543RR	0	87,2	± 3,1	18,8	± 1,2	1,2	± 0,1
	4	87,3	± 2,2	14,7	± 0,4	1,7	± 0,2
	8	90,0	± 2,1	18,0	± 0,8	1,3	± 0,1
	16	102,7	± 0,5	18,0	± 0,6	2,2	± 0,1
BRS 1003IPRO	0	85,8	± 2,6	15,2	± 0,9	1,2	± 0,1
	4	96,5	± 1,8	12,8	± 1,1	2,5	± 0,1
	8	95,7	± 1,2	15,5	± 0,7	1,7	± 0,1
	16	95,2	± 1,9	10,8	± 1,1	2,8	± 0,2
BRS 399R ¹	0	90,0	± 1,6	10,8	± 0,5	1,3	± 0,1
	4	95,0	± 1,3	14,0	± 0,5	2,0	± 0,1
	8	92,5	± 0,6	9,5	± 0,7	2,0	± 0,1
	16	87,2	± 2,2	9,7	± 0,5	2,5	± 0,1
BRB15- 237.527 ²	0	74,8	± 2,0	9,0	± 0,5	1,2	± 0,1
	4	83,7	± 1,3	10,8	± 0,8	1,7	± 0,1
	8	71,8	± 0,9	12,3	± 0,4	1,5	± 0,1
	16	75,5	± 1,4	9,3	± 0,2	2,3	± 0,1
NA 5909RG ¹	0	83,2	± 1,4	15,7	± 0,9	1,2	± 0,1
	4	83,3	± 1,9	9,8	± 0,7	2,8	± 0,2
	8	76,3	± 2,3	15,8	± 0,7	3,3	± 0,1
	16	81,7	± 1,5	17,8	± 0,8	3,7	± 0,1

*Nota de 0 a 4, onde (1) maturação normal, sem folhas retidas ou hastes verdes, (2) com 25%, (3) 50% e (4) acima de 75% de folhas retidas e hastes verdes; 1 Testemunhas de ciclo; e 2 Linhagem avançada do programa de melhoramento da Embrapa Soja.

Conclusão

Os resultados obtidos e avaliados até o momento sugerem que os genótipos com tecnologia Block® são mais tolerantes aos danos de percevejos, por apresentarem pequena RF, até o nível de 8 percevejos/gaiola. Adicionalmente, todos os materiais testados apresentam altura de plantas e inserção da primeira vagem adequadas. Embora promissores, tais resultados deverão ser analisados em conjunto com os dados de rendimentos e classificação de grãos e sementes.

Referências

- ARIAS, C. A. A.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; LOPES, I. de O. N. Auxílio da genética. **Cultivar**: grandes culturas, v. 19, n. 229, p. 12-14, 2018.
- BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIN, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. Introdução. In: BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIN, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. (Org.). **Resistência de plantas a insetos**: fundamentos e aplicações. Piracicaba: Fealq, 2019. v. 1, p. 25-64.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos: safra 2020/2021, 8º. levantamento, maio 2021. 115 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 2 jun. 2021.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stage of soybean development**. Ames: Iowa State University, 1977. 12 p. (Iowa Cooperative Extensive Service. Special Report, 80).
- HOFFMANN-CAMPO, C. B.; ARIAS, C. A. A.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; LIMA, D. de; LORINI, I.; MELO, C. L. P. de. Manejo reforçado. **Cultivar**: grandes culturas, v. 20, n. 245, out. 2019.
- HOFFMANN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; OLIVEIRA, L. J.; SOSA-GÓMEZ, 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).
- MARCOS-FILHO, J. **Produção de sementes de soja**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. 86 p.
- PANIZZI, A. R.; BUENO, A. de F.; SILVA, F. A. C. da. Insetos que atacam vagens e grãos 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. 5. p. 335-420.
- PINHEIRO, J. B.; VENDRAMIM, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. Programas geram cultivares de soja resistente a insetos. **Revista Visão Agrícola**, v. 5, p. 56-59, 2006.

ROSSETTO, C. J.; IGUE, T.; MIRANDA, M. A. C. de; LOURENÇÃO, A. L. Resistência de soja a insetos: comportamento de genótipos em relação a percevejos. **Bragantia**, v. 45, n. 2, p. 323-335, 1986.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; CARVALHO, M. C. G. de; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C.; HOFFMANN-CAMPO, C. B. A biotecnologia, o melhoramento no manejo 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. 11. p. 725-788.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; OMOTO, C. Resistência a inseticidas e outros agentes de controle em artrópodes associados à 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. 10. p. 674-723.

Depósito de inseticida em diferentes estratos da planta de soja obtido na pulverização com drone

OLIVEIRA, V. R. de¹; BASSETTO FILHO, J. J.²; ESTABELE, D. L.³; OLIVEIRA, T. L. de⁴; GOMES, L. R. O.⁴; PINHO, C. A.⁴; MATULAITIS, A. K. Y⁵; ADEGAS, F. S.⁶; SOARES, R. M.⁶; ROGGIA, S.⁶

¹Faculdade Pitágoras, bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR, virolam@hotmail.com; ²UNIFIL, bolsista, Londrina, PR; ³UNOPAR Piza, bolsista, Londrina, PR, ⁴UNESP, bolsista, Jaboticabal, SP; ⁵Onesolve Tecnologia; ⁶Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

A produção brasileira estimada de grãos é de 271,7 milhões de toneladas, sendo que a soja contribui com praticamente a metade (49,83%) dessa produção (Conab, 2021). A soja é produzida em área estimada de 38,50 milhões de hectares, o que corresponde a 56,13% da área total de cultivo de grãos do país (Conab, 2021). O Brasil também é o maior exportador mundial de soja e seus derivados contribuem positivamente para sua balança comercial.

O cultivo de soja requer diversos cuidados, entre eles o manejo de pragas. Os percevejos são um dos principais grupos de pragas que causam danos à cultura, pois atacam as vagens e os grãos em formação, podendo causar má formação e abortamento, redução de massa e qualidade de grãos, redução da viabilidade, vigor e potencial de germinação de sementes (Panizzi et al., 2012).

Os percevejos ocorrem com maior intensidade na fase reprodutiva da soja e se localizam predominantemente no interior do dossel da cultura, no estrato médio e inferior das plantas. Nessa fase, a cultura está com sua máxima área foliar e há maior dificuldade de penetração de calda de pulverização para o interior do dossel. A dificuldade de se atingir estas pragas pelos métodos de pulverização tradicionais é considerada uma das possíveis falhas de controle de percevejos.

A maior taxa de penetração de calda e cobertura de alvos de interesse no interior do dossel pode ser obtida com o uso de gotas finas. Porém, essas são

suscetíveis a perdas por evaporação ou deriva pelo vento, demandando condições ambientais específicas para a pulverização. O uso de gotas finas está habitualmente associado a pulverizações de baixo volume de calda, que tem se tornado comum entre os agricultores que visam aumentar o rendimento da operação de pulverização e economizar água.

A pulverização realizada com drones habitualmente utiliza baixo volume de calda/ha, em torno de 10 L/ha, e velocidade de deslocamento entre 10-20 km/h, e uma combinação de ponta e pressão de trabalho que produz gotas finas (Ramos et al., 2010). Além disso, o efeito das hélices impulsiona a calda de pulverização para baixo e movimenta as folhas do topo das plantas, o que pode melhorar a deposição de calda para os estratos inferiores da planta (Ramos et al., 2010). O uso de drones para pulverizações agrícolas é uma tecnologia emergente que pode se integrar a outros métodos de aplicação e que demanda estudos para embasar seu correto uso.

Assim, foi conduzido um experimento com objetivo de estudar o depósito de inseticidas para o controle de percevejos em diferentes alturas das plantas de soja, obtido na pulverização com drone, comparativamente a diferentes tecnologias, em aplicação tratorizada e costal.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado na fazenda experimental da Embrapa Soja, localizada a 23°11' S, 51°11' W e 630 m de altitude. Os tratamentos consistiram em cinco diferentes métodos de pulverização, utilizando drone, pulverizador tratorizado e costal (Tabela 1). Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada parcela teve dimensões de 15 m x 18 m.

Em todos os tratamentos, foi preparada calda de pulverização com as seguintes doses e produtos, na ordem que foram adicionados à calda: 35,25 g/ha de tiametoxam + 26,50 g/ha de lambdacialotrina (Engeo Pleno™ S, Syngenta) e 30,00 g/ha de bifentrina + 90,00 g/ha de carbossulfano (Talisman®, FMC). Foi usada a associação de dois inseticidas comerciais, contendo inseticidas de três grupos químicos diferentes, visando evitar possíveis falhas de controle associadas à tolerância da população de percevejos a um ou outro produto ou grupo químico. Durante a pulverização de cada tratamento, a temperatura

e umidade do ar e velocidade do vento foram registrados com um termohigrômetro e anemômetro portátil.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos utilizados para estudar o depósito e cobertura foliar em diferentes alturas das plantas de soja e condições meteorológicas associadas. Embrapa Soja, Londrina, PR, safra agrícola 2020/2021.

Tratamentos (em parênteses o volume de calda)	Ponta de pulverização	Pressão de trabalho	Velocidade de deslocamento	T °C ¹	UR % ²	Vento ³
Drone (10 L/ha)	TeeJet XR 110 01	1,25 bar	14,4 km/h	27 °C	56 %	5 km/h
Trator (36 L/ha) sem cortina de ar	BD 110 01	1,25 bar	9 km/h	31 °C	46 %	7 km/h
Trator (36 L/ha) com cortina de ar	BD 110 01	1,25 bar	9 km/h	31 °C	44 %	7 km/h
Trator (80 L/ha) sem cortina de ar	JFC 80 015	3,79 bar	9 km/h	28 °C	54 %	2 km/h
Costal (200 L/ha)	JFC 80 015	3,79 bar	3,6 km/h	31 °C	47 %	4 km/h

¹ T °C = temperatura do ar, em °C; ² UR % = umidade relativa do ar, em %; ³ Vento = velocidade do vento, em km/h

Visando quantificar o depósito foliar, o corante azul brilhante foi adicionado à calda de pulverização na concentração de 0,3%. Logo após a pulverização, foram coletados seis folíolos de três diferentes alturas da planta de soja, totalizando 18 folíolos por parcela. Esses foram levados ao laboratório e mantidos em geladeira até seu processamento. O processamento consistiu na lavagem de cada folíolo com 20 mL de água destilada e deionizada e o extrato obtido (amostra colorizada) foi mantido em geladeira até a análise. O extrato foi submetido à análise de absorvância em espectrômetro óptico regulado para o comprimento de onda de 630 nm. A estimativa do depósito foi calculada com base em uma curva de calibração (absorvância x concentração de corante). A curva de calibração foi elaborada a partir da análise de absorvância de concentrações crescentes de corante. Em seguida, foi estimado o depósito de inseticida por folíolo, considerando os valores de depósito de corante/folíolo de cada repetição, a concentração de corante na calda (0,3%) e a concentração de inseticida na calda que variou de acordo com o

volume de calda/ha de cada tratamento. Para determinar a concentração de inseticidas nas diferentes caldas foi considerada a soma da massa dos quatro ingredientes ativos utilizados, que corresponde a uma dose de 181,75 g de inseticidas/ha. Os dados foram submetidos à análise exploratória, foram retirados dados discrepantes e os dados normalizados foram submetidos à análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Resultados e Discussão

Os valores de depósito de corante nos diferentes estratos da planta de soja foram proporcionais aos volumes de calda utilizados. Os maiores valores foram observados no tratamento com pulverização costal com 200 L/ha, diferindo dos demais tratamentos (Tabela 2). A pulverização com drone usou volume de calda 20 vezes menor do que a pulverização costal. O depósito de corante foi cerca de 21, 29 e 7 vezes menor na pulverização com drone em relação a pulverização costal, nos estratos superior, médio e inferior, respectivamente. Isso indica que a pulverização com drone proporcionou depósito relativo um pouco menor nos estratos superior e médio e um depósito relativo muito maior no estrato inferior, comparativamente a pulverização costal. Resultados semelhantes também foram observados comparando a pulverização com drone com a pulverização tratorizada com 80 L/ha, considerado um tratamento padrão. Esta última utilizou volume de calda/ha 8 vezes maior do que a primeira e seu depósito foi cerca de 13, 11 e 4 vezes maior nos estratos superior, médio e inferior, em relação a pulverização com drone.

Comparando o depósito de corante entre as pulverizações tratorizadas de mesmo volume (36 L/ha), não foi observada diferença significativa entre o uso ou não de assistência de ar na barra de pulverização, nos três estratos da planta de soja.

Tabela 2. Depósito de calda em folhas de três alturas da planta de soja pulverizada com diferentes tecnologias de aplicação. Londrina, PR, safra agrícola 2020/2021.

Tratamentos (em parênteses o volume de calda)	Depósito de corante ($\mu\text{g}/\text{folíolo}$) ¹			Depósito de inseticida ($\mu\text{g}/\text{folíolo}$) ^{1,2}		
	Estrato da planta de soja - alturas de coleta dos folíolos					
	Superior	Médio	Inferior	Superior	Médio	Inferior
Drone (10 L/ha)	2,4 c	2,2 c	1,3 c	15,64 a	13,13 ab	7,66 a
Trator (36 L/ha) sem cortina de ar	10,3 c	7,8 c	2,1 c	17,34 a	13,05 ab	3,98 b
Trator (36 L/ha) com cortina de ar	13,7 c	7,4 c	2,8 bc	23,10 a	12,48 b	4,69 b
Trator (80 L/ha) sem cortina de ar	31,2 b	23,4 b	5,4 b	23,61 a	19,85 a	4,10 b
Costal (200 L/ha)	51,5 a	62,7 a	8,9 a	15,61 a	18,99 ab	2,99 b
Nível de significância (p-valor)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,01	< 0,01
Coefficiente de variação (%)	68,74	84,77	87,60	54,97	56,52	61,71

¹ Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferenciaram entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% significância;

² Estimativa do depósito de inseticida baseada no depósito de corante e na concentração dos produtos na calda.

Não foi observada diferença significativa entre os tratamentos para a estimativa de depósito de inseticida no estrato superior da planta, indicando que, apesar dos diferentes volumes de calda e tecnologias de aplicação utilizados, os tratamentos proporcionaram depósito de inseticida equivalente nesse estrato. No estrato médio, o maior depósito de inseticida foi observado com a pulverização tratorizada, utilizando 80 L/ha, sendo significativamente superior apenas à aplicação tratorizada com 36 L/ha, com assistência de ar. No estrato inferior o maior valor de depósito de inseticida foi observado com a pulverização com drone, sendo significativamente superior a todos os demais tratamentos. É possível que a combinação do espectro de gotas (relacionada à ponta, pressão de trabalho e concentração de produtos na calda) e do efeito do movimento das hélices do drone tenham proporcionado maior penetração de inseticida para interior do dossel da soja, em relação às demais tecnologias de aplicação.

Os resultados obtidos indicam que a pulverização com drone proporciona depósito de inseticidas equivalente aos demais tratamentos avaliados, no estrato superior e médio da planta, e depósito superior de inseticida no estrato inferior das plantas de soja. Os resultados podem apresentar uma contribuição importante para a melhoria do desempenho de controle de pragas presentes no interior do dossel da cultura, que habitualmente são mais difíceis de serem atingidos por métodos tradicionais de pulverização. Ferrari et al. (2014) observaram melhor desempenho de controle de percevejos em soja nos tratamentos que proporcionaram maior penetração da calda para o estrato inferior da planta. No entanto, é importante considerar que a pulverização com drone utiliza baixo volume de calda, então espera-se melhores resultados para o uso de produtos sistêmicos. A sua utilização para produtos de contato, que dependem de uma boa cobertura do alvo, precisa ser considerada com atenção.

Conclusão

A pulverização com drone utilizando 10 L de calda/ha resulta em depósito de corante, nos três estratos da planta, inferior à pulverização tratorizada com 80 L de calda/ha, considerada um padrão utilizado pelos agricultores. Nos estratos superior e médio da planta de soja, esse menor depósito é proporcional ao menor volume de calda da aplicação com drone. No estrato inferior, a pulverização com drone proporciona depósito relativo cerca de 2 vezes maior do que a pulverização tratorizada com 80 L de calda/ha.

O depósito de inseticida obtido com a pulverização com drone é equivalente às demais tecnologias de aplicação estudadas, nos estratos superior e médio. No estrato inferior, o depósito de inseticida obtido com a pulverização com drone é superior aos demais tratamentos, sendo cerca de 1,9 vezes superior à pulverização tratorizada com 80 L de calda/ha.

Referências

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: safra 2020/2021, 8º. levantamento, maio 2021.** 115 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/gaos>. Acesso em: 2 jun. 2021.

FERRARI, F.; ROGGIA, S.; FELIX, L. F. Efeito do volume de calda, adjuvante e horário de aplicação sobre a eficiência de controle de percevejos em soja. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 9., 2014, Londrina. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2014. p. 110-119. (Embrapa Soja. Documentos, 352).

PANIZZI, A. R.; BUENO, A. de F. B.; SILVA, F. A. C. 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.

RAMOS, H.; SANTOS, J. M. F. dos; ARAÚJO, R. M. de; BONACHELA, T. M.; SANTIAGO, T. **Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários.** São Paulo: ANDEF; COGAP, 2010. 50 p.

Embrapa

Soja