

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

Bioinsumos na cultura da soja

*Maurício Conrado Meyer
Adeney de Freitas Bueno
Sérgio Miguel Mazaro
Juliano Cesar da Silva*

Editores Técnicos

*Embrapa
Brasília, DF
2022*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Soja

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

Unidade responsável pelo conteúdo e edição

Embrapa Soja

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Alvadi Antonio Balbinot Junior*

Secretária-Executiva: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

Membros: *Claudine Dinali Santos Seixas, Edson Hirose, Ivani de Oliveira Negrão Lopes, José de Barros França Neto, Liliane Márcia Mertz-Henning, Marco Antonio Nogueira, Mônica Juliani Zavaglia Pereira e Norman Neumaier*

Supervisão editorial: *Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol*

Normalização bibliográfica: *Valéria de Fátima Cardoso*

Projeto gráfico e editoração eletrônica: *Edil Gomes*

Capa: *Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol*

1ª edição: 2022

1ª impressão: PDF digitalizado

O conteúdo do livro, bem como a exatidão das citações e referências, são de inteira responsabilidade dos autores.

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

Bioinsumos na cultura da soja / Maurício Conrado Meyer... [et al.] editores técnicos – Brasília,
DF: Embrapa, 2022.
550 p.

ISBN: ISBN: 978-65-87380-96-4

1. Soja. 2. Produção vegetal. 3. Insumo. 4. Fertilizante. I. Meyer, Maurício Conrado. II. Bueno, Adeny de Freitas. III. Mazaró, Sérgio Miguel. IV. Silva, Juliano Cesar da.

CDD: 633.34: 631.8 (21. ed.)

Valéria de Fátima Cardoso (CRB 9/1188)

©Embrapa, 2022

Compatibilidade no uso de bioinsumos e insumos sintéticos no manejo da cultura da soja

Adeny de Freitas Bueno

Geraldo Andrade Carvalho

Marco Antonio Nogueira

Flávio Henrique Vasconcelos de Medeiros

Fernanda Carvalho Lopes de Medeiros

Mariangela Hungria

Daniel Mendes Ardisson-Araujo

Bergmann Morais Ribeiro

Daniel Ricardo Sosa-Gómez

Edson Hirose

Importância

A sustentabilidade agrícola tem sido um tema de grande preocupação mundial, que ganha cada vez mais importância à medida que as discussões sobre esse assunto ganham destaque nos mais diferentes fóruns ao redor do mundo. É indiscutível que entre as estratégias de manejo agrícola disponíveis, o uso de bioinsumos (insumos de origem biológica) está entre as mais sustentáveis, principalmente para as grandes *commodities* como a soja. Apenas no manejo integrado de pragas e doenças, o uso do controle biológico aumentativo (ou aplicado) cresce entre 10% e 20% ao ano em todo o mundo, em decorrência principalmente da exigência do mercado consumidor por produtos mais seguros e com menor uso de agrotóxicos sintéticos (van Lenteren et al., 2018). No campo da nutrição e promoção do crescimento de plantas isso não é diferente. Inoculantes com *Bradyrhizobium* spp. para fixação biológica de nitrogênio (FBN) são adotados por cerca de 80% dos produtores brasileiros de soja, além da coinoculação com *Azospirillum* spp., que já é usada em mais de 25% da área cultivada com essa leguminosa no país. Outros tipos de inoculantes também vêm sendo integrados ao sistema de produção, como os mobilizadores de fósforo à base de *Bacillus* spp., ou à base de fungos micorrízicos, dentre outros.

O crescente desenvolvimento e oferta de novos produtos de origem biológica no mercado vêm fortalecendo o portfólio de bioinsumos disponíveis para o sistema de produção. Entretanto, é de se esperar que nem os insumos biológicos ou os sintéticos quando utilizados isoladamente consigam um resultado satisfatório no controle de pragas, doenças e plantas daninhas, ou no suprimento adequado de nutrientes

às plantas. Na maioria das vezes, é necessário combinar diferentes insumos biológicos e sintéticos para se obter os melhores resultados. Assim, é crucial que os bioinsumos empregados na sojicultura sejam compatíveis não apenas entre si, mas também com produtos sintéticos, sem o comprometimento da eficiência e/ou sobrevivência do(s) organismo(s) benéfico(s) componente(s) do(s) bioinsumo(s) (Santos et al., 2006; Santos et al., 2021).

Várias pragas, patógenos e plantas daninhas podem prejudicar a cultura da soja, desde antes da emergência das plântulas até a colheita (Mcfadyen, 1998; Hoffmann-Campo et al., 2000; Sosa-Gómez et al., 2006; Czapak et al., 2013; Specht et al., 2013; O'Brien, 2017). Nesse cenário, é importante salientar que os produtos sintéticos ainda são, em geral, a primeira medida de defesa agropecuária utilizada pelo sojicultor no controle desses organismos indesejados na lavoura. Isto ocorre em função da facilidade de aplicação, rápida e efetiva ação, associadas ao baixo custo desses químicos (Bueno et al., 2017). Entretanto, os produtos (inseticidas, fungicidas, herbicidas, fertilizantes, entre outros) mais apropriados são aqueles que combinam boa eficiência e menor impacto possível aos organismos benéficos de ocorrência natural na lavoura (Torres; Bueno, 2018) ou ainda, mais especificamente, aos principais bioinsumos utilizados na cultura. Além disso, o uso de produtos químicos deve ser racional, pois sua utilização de forma indiscriminada pode causar impactos negativos ao ambiente e intoxicações ao homem e aos animais (Picanço; Guedes, 1999).

A compatibilidade entre insumos químicos e biológicos é de grande importância na preservação das espécies benéficas que habitam os agroecossistemas. Exemplo disso é a necessidade da compatibilidade de inoculantes à base de *Bradyrhizobium* spp., *Azospirillum* spp. e, mais recentemente, *Bacillus* spp. que são usualmente disponibilizados às plantas via tratamento de sementes com inseticidas, fungicidas e micronutrientes (Santos et al., 2021). Entre os benefícios do uso compatível de bioinsumos com insumos sintéticos está a maior sustentabilidade do sistema produtivo, com surtos de pragas menos frequentes (em consequência do equilíbrio do agroecossistema), redução dos custos de aplicação, maior eficiência da fixação biológica de nitrogênio e promoção de crescimento de plantas. Esses benefícios irão propiciar maior lucratividade ao sojicultor e contribuir para uma agricultura mais sustentável.

Neste capítulo, é discutida a possibilidade do uso conjunto de bioinsumos e insumos sintéticos. Questões relacionadas à seletividade dos insumos agrícolas aos organismos benéficos na cultura da soja são abordadas. A seletividade está diretamente relacionada aos efeitos de produtos sintéticos sobre agentes de controle biológico de pragas e doenças e a compatibilização de insumos biológicos e químicos visando o manejo sustentável da cultura da soja.

Seletividade

O termo seletividade refere-se ao efeito do produto químico sobre organismos benéficos e ocorre devido às diferenças fisiológicas, comportamentais e/ou ecológicas entre as espécies de organismos (Carvalho et al., 2021). Quando um composto ou mistura de produtos são aplicados sobre determinada praga-alvo e causa baixa toxicidade sobre um organismo benéfico, esses são considerados seletivos. Sendo assim, as maneiras pelas quais um produto químico pode ou não ser compatível com um bioinsumo não é única, mas, em geral, podem ser separadas em seletividade fisiológica ou seletividade ecológica.

Seletividade fisiológica é quando um insumo químico, em determinada concentração, ao entrar em contato com o organismo benéfico, seja um defensivo biológico ou um inoculante, mostra-se inofensivo ou causa baixa toxicidade, permitindo que o mesmo continue a desempenhar sua função esperada. Esse tipo de seletividade é inerente ao produto fitossanitário e está relacionada à menor susceptibilidade do bioinsumo ao produto utilizado (Bueno et al., 2012; Carvalho et al., 2019; Carvalho et al., 2021), visto que pode ocorrer ausência de um sítio de ação do produto químico no mesmo. No caso dos inoculantes, especialmente de produtos químicos aplicados simultaneamente no tratamento de sementes, a compatibilidade vai depender do princípio ativo, da formulação e do tempo de contato com o microrganismo (Santos et al., 2021).

Produtos fitossanitários que não apresentam seletividade fisiológica podem ainda ser utilizados de forma seletiva, sendo isso conhecido como seletividade ecológica. A seletividade ecológica é o emprego de insumos químicos de maneira que minimize a sua exposição aos organismos benéficos (ou no caso, o bioinsumo) e que, ao mesmo tempo, mantenha a eficiência dos insumos químicos e biológicos envolvidos (Santos et al., 2006; Carvalho et al., 2019; Carvalho et al., 2021). A seletividade ecológica é subdividida de acordo com a forma pela qual a exposição ao produto químico é diferenciada entre as espécies benéficas e daninhas, podendo ser temporal ou espacial (Bueno et al., 2012). Não aplicar fungicidas contra a ferrugem-asiática da soja durante o período vegetativo da cultura, quando não há relatos de focos da doença na lavoura, é um exemplo de seletividade ecológica temporal. Durante o estágio vegetativo, a ocorrência da ferrugem-asiática não é generalizada e o início das aplicações de fungicidas pode ser adiada de maneira a preservar a ocorrência (natural ou aplicada) de organismos benéficos que controlam pragas e doenças da soja (principalmente espécies de fungos benéficos). Um exemplo de seletividade ecológica espacial é o uso de inseticidas para controle de percevejos apenas na bordadura da lavoura de soja no início da infestação da praga. Aplicações localizadas de produtos fitossanitários baseadas em mapas de infestação podem preservar as espécies benéficas nas áreas que não foram contaminadas e, dessa forma, mesmo não sendo seletivos, podem apresentar seletividade ecológica espacial (Bueno et al., 2021).

Uma alternativa para superar a incompatibilidade com produtos fitossanitários empregados no tratamento de sementes, ou mesmo produtos biológicos incompatíveis para inoculantes, é a separação espacial por meio da inoculação via sulco de semeadura (Campo et al., 2010; Zilli et al., 2010). Nesse caso, os inoculantes são aplicados na forma de calda no sulco de plantio no momento da distribuição das sementes, enquanto que os produtos incompatíveis com os inoculantes são aplicados via sementes em um exemplo de seletividade (ou compatibilidade) espacial. Assim, qualquer produto incompatível com o inoculante, seja químico ou biológico, não entrará em contato direto com o mesmo e preservará a sobrevivência das células e a sua funcionalidade.

Tratamento de sementes (TS)

Os produtos usados em TS apresentam ação sistêmica, sendo facilmente translocados através dos tecidos vasculares da planta (Dively; Kamel, 2012; Goulson, 2013). No caso de inseticidas e fungicidas, o TS consiste no uso de químicos com baixa lipofilicidade, tendo coeficiente de partição octanol/água (Kow) normalmente abaixo de 4,0 (Cloyd; Bethke, 2011). Dentre os inseticidas utilizados em TS, os principais pertencem ao grupo químico dos neonicotinoides, que possui como ingredientes ativos o

tiametoxam, a clotianidina e o imidacloprido, que atuam nos receptores nicotínicos da acetilcolina, causando hiperatividade seguida de colapso do sistema nervoso, o que pode acarretar efeitos letal e subletais sobre os organismos (Tomizawa; Casida, 2005) e, mais recentemente, as diamidas, representadas principalmente pelo clorantniliprole, que age como modulador do receptor de rianodina, bloqueando a contração muscular do inseto. Uma vez ingerido, provoca a depleção de Ca^{2+} nas células musculares, causando a paralisação da alimentação, letargia, paralisia muscular e morte (Lahm et al., 2007). Além dos insumos químicos, micronutrientes ou mesmo produtos biológicos e as mais variadas combinações entre insumos químicos e biológicos têm sido também utilizados em TS.

Atualmente, o uso do TS em soja compreende mais de 98% do total de sementes empregadas na implantação das lavouras brasileiras, dos quais pouco mais de 25% recebem tratamento industrial de sementes (TIS), enquanto o restante recebe o tratamento na propriedade, também denominado “on farm” (Balbinot Júnior et al., 2017; Richetti; Goulart, 2018). Isto é em decorrência principalmente da eficiência e facilidade do uso de TS no controle de pragas e doenças que atacam sementes e plântulas na fase inicial das lavouras (Bradshaw et al., 2008). No período de 2008 a 2012, somente nos Estados Unidos, em 30% da área cultivada com soja foram utilizadas sementes tratadas com neonicotinoides (Epa, 2014), ilustrando a parcela significativa dos insumos agrícolas utilizados na forma de TS.

A) Possíveis impactos de produtos para o TS sobre bioinsumos

Os produtos químicos em TS podem apresentar efeitos distintos sobre os organismos benéficos dependendo da formulação, princípio ativo, mecanismo de ação, forma e sequência de aplicação (Santos et al., 2021). Entretanto, em comparação com aplicações foliares, a aplicação via TS reduz a contaminação ambiental, pois diminui a quantidade de ingrediente ativo utilizada e a exposição do aplicador (Taylor et al., 2001), além de reduzir a exposição dos organismos não-alvos, por meio da seletividade ecológica (Hull; Beers, 1985). Portanto, o TS é uma importante maneira de se aplicar insumos agrícolas de forma seletiva. Consequentemente, essa modalidade de aplicação tem sido empregada para reduzir o impacto ambiental causado pela pulverização, principalmente de químicos, na parte aérea das plantas (Hodgson et al., 2012; Nuyttens et al., 2013).

B) Compatibilidade de insumos via tratamento de sementes e agentes de controle biológico de pragas e doenças

O uso de produtos químicos em TS pode ser incompatível com outros bioinsumos utilizados na cultura da soja, em especial, aos agentes de controle biológico de pragas e doenças. Em relação aos produtos biológicos registrados para o manejo de doenças, existem produtos formados por bactérias e fungos. Dentre os produtos à base de bactérias estão os que possuem *Bacillus* spp. como ingredientes ativos, enquanto que entre os produtos à base de fungos destacam-se *Trichoderma* spp., *Pupureocillium lilacinum* (syn. *Paecilomyces lilacinus*) e *Pochonia chlamydosporia* que são registrados para o manejo de doenças radiculares causadas por fungos e nematoides, além de doenças causadas por fungos. Esses bioinsumos podem ser negativamente impactados pelo uso de químicos em TS. Para mitigar esses efeitos negativos tem sido crescente a adoção e aplicação dos produtos biológicos no sulco de semeadura por

meio de equipamentos que aplicam o produto na de jato dirigido. A aplicação exclusiva do produto biológico e maior volume de calda (em torno de 40 L/ha) utilizada na aplicação no sulco de semeadura, permite, em geral, maior compatibilidade entre o insumo biológico aplicado no sulco e o químico aplicado em TS; porém, ainda são escassos os trabalhos que avaliaram essa alternativa.

A concentração dos produtos em TS nos tecidos aéreos da planta pode variar em função das propriedades físico-químicas do composto utilizado e com a idade da planta. Isso impacta diretamente na compatibilidade do químico aplicado via TS e o agente de controle biológico aplicado na parte aérea da planta. Laurent; Rathahão (2003) relataram que a concentração de imidacloprido usado em TS reduziu pela metade em cada par sucessivo de folhas do girassol, sendo que os resíduos foram 50 vezes mais concentrados nos cotilédones do que nas primeiras folhas verdadeiras. Assim, efeitos letal e subletais podem ocorrer também sobre predadores e parasitoides presentes na parte aérea da planta.

Efeitos subletais são em muitos casos negligenciados, apesar de terem grande impacto na dinâmica populacional e serviços ecológicos dos organismos benéficos (Desneux et al., 2007; Biondi et al., 2013; Planes et al., 2013). Efeitos de inseticidas sistêmicos aplicados via solo ou em TS foram observados sobre insetos predadores como *Coleomegilla maculata* (Smith; Krischik, 1999), *Harmonia axyridis* (Oliveira et al., 2019; Sâmia et al., 2019), *Chrysoperla carnea* (Gontijo et al., 2014), *Chrysoperla externa* (Sâmia et al., 2019) e *Orius insidiosus* (Gontijo et al., 2015), e também sobre parasitoides, incluindo *Lysiphlebus testaceipes* (Moscardini et al., 2014), por exemplo.

Em predadores, o risco de exposição a inseticidas sistêmicos aplicados via solo ou em TS é maior para aqueles que apresentam comportamento zoofitófago, como o percevejo predador da subfamília Asopinae, *Podisus nigrispinus* (Torres et al., 2010). Esse predador é considerado generalista (Shapiro; Legaspi, 2006), com ampla distribuição geográfica, sendo a espécie do gênero mais comumente encontrada em diversos sistemas agrícolas (Torres et al., 2006) e pode estar presente durante todo ciclo da cultura da soja (Bueno et al., 2012), predando preferencialmente ovos e ninfas de *Nezara viridula* e *Piezodorus guildinii* (Saini, 1994) e as lagartas desfolhadoras *Anticarsia gemmatalis* (Saini et al., 1997) e *Chrysodeixis includens* (Moraes et al., 1991).

Nos últimos anos, pesquisas têm revelado com mais detalhes os efeitos de inseticidas sistêmicos sobre organismos benéficos (Goulson, 2013; Main et al., 2014), mas ainda são poucas as informações a respeito dos efeitos de inseticidas sobre a comunidade de artrópodes pragas e de inimigos naturais chaves para serem utilizadas em programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP), especialmente em condições brasileiras. O conhecimento dos potenciais riscos do uso de inseticidas sistêmicos sobre esses organismos permitirá elaborar estratégias de controle de pragas mais eficientes e sustentáveis.

C) Inoculação de sementes

Como no Brasil o uso de inoculantes via TS é predominante, é grande a preocupação quanto à compatibilidade da inoculação com outros produtos também empregados em TS, sejam químicos ou biológicos. A compatibilidade em TS é importante não apenas quando se usam produtos químicos e biológicos, mas também no uso conjunto de múltiplos bioinsumos. Por exemplo, nem todos os produtos biológicos são compatíveis com os inoculantes utilizados em soja, exigindo testes prévios de

compatibilidade para determinação da existência ou não de efeitos antagônicos. Os ingredientes ativos dos produtos ou mesmo algum constituinte de suas formulações, como solventes, conservantes, corantes, ou veículos, podem ser tóxicos às células de *Bradyrhizobium* spp. ou mesmo de *Azospirillum* spp. prejudicando a sobrevivência desses microrganismos, o que pode limitar os seus benefícios à cultura (Hungria et al., 2015; Rodrigues et al., 2020; Santos et al., 2020; Santos et al., 2021). Em algumas situações, não há efeito tóxico dos componentes da formulação, mas valores de pH e salinidade das formulações também podem inviabilizar as bactérias contidas nos inoculantes, o que pode diminuir a eficiência do estabelecimento da simbiose com *Bradyrhizobium* spp. e reduzir a nodulação, a ocupação nodular por bactérias eficientes e, conseqüentemente, diminuir a eficiência do processo de FBN para suprir as necessidades da planta (Araujo et al., 2017; Santos et al., 2021).

A incompatibilidade de *Bradyrhizobium* spp. com outros produtos empregados em TS é mais evidente quando estes produtos são aplicados ao mesmo tempo que os inoculantes, ou quando o inoculante é aplicado em sementes antes do químico ter secado sobre suas superfícies. Outro agravante, é o fato de que em TS empregam-se pós-secantes para facilitar a rápida secagem da calda aplicada sobre as sementes, o que pode contribuir para desidratar as células de *Bradyrhizobium* spp. caso estas entrem em contato com esses pós-secantes, o que resulta em baixa sobrevivência do microrganismo inoculado. Em locais em que a população estabelecida de *Bradyrhizobium* spp. no solo é pequena, fato comum em áreas de primeiro ano de cultivo de soja ou não cultivadas com a cultura por longo tempo, como áreas de reforma de canaviais, pastagens e reflorestamentos, os efeitos negativos de produtos incompatíveis com os inoculantes são mais evidentes. Esses efeitos são ainda agravados em solos arenosos (Hungria; Nogueira, 2019; Hungria et al., 2020), o que pode ser atribuído aos menores teores de matéria orgânica e ao menor tamponamento dos solos de textura leve.

A combinação de produtos empregados em TS de soja causa redução da viabilidade das células do *Bradyrhizobium* spp. inoculado na ordem de 20% após 2 h de inoculação, e mais de 60% após 24 h, alcançando 95%. Em casa de vegetação, a redução da nodulação atingiu 27% e o N acumulado na parte aérea em R2 diminuiu 19%. No campo, os efeitos variaram com os produtos químicos empregados, com o tipo de solo e o histórico de cultivo de soja na área, mas houve redução da nodulação, produtividade de grãos e N total acumulado nas plantas nas combinações mais incompatíveis (Campo et al., 2009).

Uma maneira de atenuar os efeitos negativos de produtos fitossanitários aplicados às sementes de soja sobre as células de *Bradyrhizobium* spp. é o uso de polímeros protetores (Sandini et al., 2019). Essas substâncias apresentam propriedades físico-químicas que protegem as células bacterianas de estresses, como a dessecação (Cortés-Patiño; Bonilla, 2015) e toxicidade (Sandini et al., 2018) provocadas por alguns produtos químicos, o que favorece a sobrevivência celular e o melhor estabelecimento da simbiose. Assim, o uso de polímeros protetores pode atenuar os efeitos negativos desses produtos sobre os inoculantes aplicados às sementes, favorecendo a nodulação e, conseqüentemente, o suprimento adequado de nitrogênio para a soja (Sandini et al., 2019).

Técnicas alternativas de inoculação via sementes têm surgido com a possibilidade de antecipação dessa prática em alguns dias da semeadura, também conhecida como pré-inoculação (Anguinoni et al., 2017; Araujo et al., 2017; Hungria et al., 2020). Os inoculantes desenvolvidos para essa finalidade são

popularmente chamados “longa vida” e recebem em suas formulações, ou adicionalmente durante a inoculação, protetores que auxiliam no aumento da longevidade das bactérias do inoculante frente a condições estressantes, dentro de valores satisfatórios, por períodos que podem chegar até 60 dias ou mais em condições ideais de armazenamento. Entretanto, frequentemente constata-se que a inoculação antecipada de *Bradyrhizobium* spp. em sementes de soja tratadas com diferentes fungicidas e inseticidas reduz o número de células viáveis das bactérias inoculadas após 10 dias (Silva et al., 2019). Rodrigues et al. (2020) verificaram que a exposição de sementes a produtos fitossanitários reduziu o número de células viáveis das bactérias em 80 % aos 15 dias de inoculação antecipada, sendo que não houve recuperação de células viáveis aos 30 dias após a inoculação. É preciso levar em consideração que as diversas combinações de produtos empregados em TS e condições de armazenamento, diferentes daquelas em que os inoculantes foram testados, podem resultar em recuperação de células muito abaixo do número mínimo recomendado, de 80.000 a 100.000, por semente no momento da semeadura (Hungria; Nogueira, 2019), para uma inoculação que visa fornecer 1.200.000 células viáveis por semente (Hungria et al., 2017). Nesse caso, é necessário observar o registro do inoculante junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para essa finalidade e seguir estritamente as recomendações do fabricante em termos de produtos aplicados em TS, tempo e condições de armazenamento das sementes tratadas. A sobrevivência de células na superfície das sementes tratadas também pode ser prejudicada devido à ocorrência de período seco após a semeadura ou condições de altas temperaturas (Hungria et al., 2020).

Práticas agronômicas inadequadas, como a semeadura em condições de solo extremamente secas (conhecida popularmente como semeadura no pó), também comprometem a sobrevivência das bactérias inoculadas, o que é agravado pela adição de produtos em TS. Essa condição de semeadura equivale a armazenar as sementes em um ambiente seco e quente, o que compromete não apenas a sobrevivência das células inoculadas, mas também a qualidade das sementes. O ideal é semear em condições adequadas de umidade do solo e realizar uma análise de recuperação de células antes da semeadura, em laboratório capacitado, para confirmar se a concentração mínima de células viáveis de *Bradyrhizobium* spp. está presente nas sementes submetidas à inoculação antecipada.

Embora o número adequado de células de *Bradyrhizobium* spp. possa ainda ser recuperado de sementes tratadas antecipadamente com produtos químicos, pode haver alterações morfológicas e/ou fisiológicas das células expostas a essas condições estressantes. Colônias de *Bradyrhizobium* spp. com menor diâmetro foram observadas após a exposição a produtos químicos em TS, mas essa alteração foi revertida depois que as colônias foram novamente cultivadas, sugerindo que a alteração foi apenas fisiológica e não houve, pelo menos aparentemente, alteração genética das células expostas ao estresse causado pelos produtos químicos. Essas mesmas colônias foram inoculadas em soja em casa de vegetação e não houve alteração da nodulação e nem de outras variáveis relacionadas à simbiose, em comparação a isolados que não foram expostos aos produtos. Entretanto, é importante mencionar que ensaios em casa de vegetação para esta finalidade podem não refletir o desempenho em condições de campo. Nessa última condição, foi constatado que a exposição das bactérias inoculadas aos produtos químicos diminuiu a produtividade e a concentração de N nos grãos de soja, indicando prejuízos à FBN (Rodrigues et al., 2020).

D) Tratamento de sementes e seletividade ecológica

Embora o uso de produtos químicos em TS continue sendo ainda mais seletivo e, portanto, menos impactante quando comparado à aplicação foliar, o risco potencial de TS para organismos benéficos tornou-se recentemente um tema de interesse e de controvérsias (Sanchez-Bayo et al., 2013). Em algumas pesquisas em soja, milho e canola foi questionado o benefício econômico de TS como uso preventivo (Royer et al., 2005; Wilde et al., 2007; Seagraves; Lundgren, 2012), visto que esses organismos podem ser expostos a inseticidas sistêmicos por meio do consumo direto do pólen, néctar floral e extrafloral, tecidos e seiva de plantas cultivadas a partir de sementes tratadas e, de forma indireta, pelo consumo de presas ou hospedeiros contaminados (Cloyd; Bethke, 2011; Jeschke et al., 2011; Stoner; Eitzer, 2012). Organismos benéficos do solo também podem sofrer efeito letal e principalmente efeitos de inseticidas em TS que apresentam longos períodos de persistência em agroecossistemas (Li et al., 2012; Jones et al., 2014). O reconhecimento desses efeitos deletérios sobre os organismos benéficos é importante para ressaltar a importância de se usar qualquer insumo apenas quando realmente necessário, dentro dos preceitos de boas práticas agrícolas. Além de reduzir custos, isso permite evitar os impactos que essas aplicações em TS podem causar, mesmo que ainda inferiores aos de bioinsumos químicos ou botânicos aplicados via foliar.

Aplicações de insumos químicos e/ou bioinsumos na parte aérea das plantas de soja durante o desenvolvimento da cultura

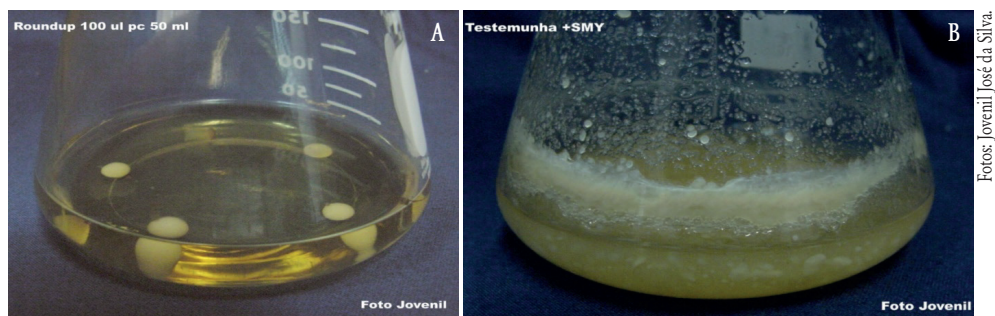
Na parte aérea das plantas de soja, parasitoides, predadores e entomopatógenos (fungos, bactérias, nematoides e vírus) estão presentes naturalmente ou podem ser aplicados e/ou distribuídos como bioinsumos para controle principalmente de pragas e doenças que afetam a cultura da soja. Entretanto, esses organismos benéficos podem ser negativamente afetados pelo uso de insumos químicos não seletivos ou incompatíveis. Essa compatibilidade de uso é bastante complexa e pode diferir devido a vários fatores relacionados ao bioinsumo ou ao insumo químico. Segundo Malkones (2000), até os aditivos presentes nas formulações dos produtos fitossanitários podem afetar os bioinsumos e, em certos casos, até modificar o seu efeito, alterando sua compatibilidade com determinados organismos benéficos.

A) Aplicações de insumos químicos e/ou bioinsumos nos estádios iniciais da cultura de soja

Alguns fungicidas, inseticidas, herbicidas e fertilizantes sintéticos podem atuar de forma negativa sobre espécies do gênero *Trichoderma*, afetar o crescimento micelial, os mecanismos de ação ou degradar seus metabólitos secundários (Waghunde et al., 2016). A interação de *Trichoderma* spp. com algumas moléculas de herbicidas pode ocasionar modificações na dinâmica do fungo benéfico, diminuir a viabilidade ou até causar sua morte (Kredics et al., 2004). Um dos herbicidas mais utilizados em soja é o glifosato, que pode comprometer o crescimento micelial, as estruturas de resistência, produção e viabilidade de conídios do fungo (Andaló et al., 2004).

Além do glifosato, a utilização de clorimuron etílico, imazapique e também do imazapir podem ser incompatíveis com a ação e preservação de *Trichoderma* spp. O herbicida à base de clorimuron etílico pertence ao grupo químico da sulfoniluréia, enquanto os herbicidas à base de imazapique e imazapir são do grupo químico imidazolinona. Esses dois grupos de herbicidas apresentam o mesmo mecanismo de

ação, inibindo a enzima acetolactato sintase (ALS), que é importante para a biossíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada (isoleucina, leucina e valina) na planta. A enzima ALS também conhecida como acetohidroxiácido sintase (AHAS) está presente em bactérias, fungos e plantas, sendo localizada nas mitocôndrias dos fungos e nos cloroplastos das plantas. As sequências deduzidas de aminoácidos dessa enzima são similares em fungos e plantas e apresentam alta correlação com a subunidade maior de AHAS em bactérias, sugerindo que todas da AHAS são derivadas de um ancestral comum. Portanto, a inibição do crescimento e desenvolvimento dos microrganismos após a exposição a esse mecanismo de ação é esperada. O glifosato pode também igualmente comprometer o crescimento de fungos entomopatogênicos como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Metarhizium rileyi* (Figura 1) (Sosa-Gómez, 2005), apesar desses efeitos poderem variar com as diferentes formulações do herbicida.



Fotos: Jovenil José da Silva.

Figura 1. Redução na produção de micélio (A) do fungo entomopatogênico *Metarhizium rileyi* devido à ação de uma formulação de glifosato em comparação com o tratamento controle (testemunha) (B).

É importante salientar que esses estudos de compatibilidade foram feitos em laboratório; entretanto, acredita-se que no campo a ação desses herbicidas seja menos agressiva devido à influência dos fatores externos, evitando um contato tão intenso entre o químico e o insumo biológico (Dalacosta et al., 2019). Além disso, outros herbicidas químicos se mostraram compatíveis mesmo em laboratório, sem afetar negativamente o crescimento, desenvolvimento, esporulação e a produção de metabólitos dos fungos benéficos (Lobo Junior et al., 2009).

Em pesquisa com o herbicida oxadiazon, um inibidor da enzima protoporfirinogênio oxidase, Reis et al. (2013) observaram diferentes intensidades de reduções de crescimento micelial em isolados de *Trichoderma* spp., em que o isolado CE 66 não foi afetado pelo herbicida, o isolado TRI 02 apresentou sensibilidade moderada, com redução de 16% do crescimento micelial; e os isolados AJAM 118 e TRI 01 foram mais sensíveis, com reduções de 66% e 35%. Desta forma, foi demonstrado que espécies do gênero *Trichoderma* apresentaram níveis de sensibilidade diferentes para o herbicida. Esta diferença de compatibilidade pode ocorrer dentro de uma mesma espécie quando considerado um mesmo defensivo (Batista Filho et al., 2001). Portanto, a avaliação de sensibilidade deve ser realizada para cada isolado, mesmo que pertença à mesma espécie.

O tipo de formulação do agente de biocontrole pode também influenciar na compatibilidade da mistura com produtos fitossanitários. Por exemplo, ingredientes ativos formulados em concentrado

emulsionável (CE) causam maior hidratação dos esporos na suspensão e, embora estejam estáveis, sua parede celular pode estar mais fragilizada, o que permite a maior entrada de ingrediente ativo, diferente do que ocorre na formulação pó molhável (WP), onde o esporo está intacto e existe a necessidade de hidratação inicial, demandando maior volume de calda e, conseqüentemente, aumento da entrada de ingredientes ativos, fato que pode afetar a vida útil dos fungos benéficos (Dalacosta et al., 2019).

B) Aplicações de insumos químicos e/ou bioinsumos para o manejo de lagartas e percevejos na cultura da soja

Com o desenvolvimento dessa cultura, lagartas, percevejos e a ferrugem-asiática da soja passam a ser os principais desafios fitossanitários contra os quais bioinsumos comerciais são utilizados, muitas das vezes, em associação com os químicos. O manejo de lagartas pode ser realizado com inseticidas microbiológicos à base de bactérias, vírus ou microbiológicos com parasitoides de ovos. Da mesma maneira, tem sido registrados diversos produtos à base de fungos para o manejo de percevejos, assim como parasitoides de ovos. No caso da ferrugem-asiática da soja, existem os biofungicidas à base de *Bacillus subtilis* que podem ser utilizados. Além desses bioinsumos atualmente registrados e disponíveis no mercado, existe grande número de inimigos naturais que atuam no controle biológico dessas e de outras pragas e doenças que acometem as lavouras de soja. O uso de químicos sintéticos seletivos (compatíveis) a esses organismos benéficos é de grande importância para o manejo sustentável da cultura.

A compatibilidade de predadores e parasitoides, que são importantes agentes de controle biológico de pragas na parte aérea da soja, com insumos químicos sintéticos, pode variar com a espécie, assim como o estágio de desenvolvimento do organismo benéfico que pode entrar em contato com o químico. Para os parasitoides em geral, a fase imatura (considerando um endoparasitoide), por estar protegida dentro do hospedeiro, é geralmente menos impactada pelos produtos fitossanitários quando comparada à fase adulta, que geralmente é de vida livre e por isso é mais suscetível aos efeitos adversos dos insumos químicos. Além disso, a dose efetiva do químico é também crucial para determinar seu impacto sobre o inimigo natural (Bueno et al., 2017).

Em geral, os produtos mais compatíveis com a preservação de predadores e parasitoides de importância agrícola na cultura da soja são os inseticidas e fungicidas biológicos (principalmente os vírus, bactérias e fungos entomopatogênicos) que são usualmente classificados como seletivos. Isto é verificado para o biofungicida à base de *B. subtilis*, por exemplo.. Entretanto, apesar de sua maior seletividade, é importante considerar que qualquer produto (químico ou biológico) somente deve ser aplicado quando for realmente necessário, visto que até mesmo os inseticidas biológicos podem causar impactos negativos na preservação de outros organismos benéficos. Como exemplo, *M. anisopliae* provocou diminuição na emergência do parasitoide *Trichogramma pretiosum* quando aplicado sobre suas pupas, além de causar mortalidade de adultos do parasitoide, ao parasitar ovos contaminados com o fungo entomopatogênico (Potrich et al., 2009). Evidentemente, esses impactos negativos são menores comparativamente aos causados por inseticidas químicos que poderiam ser utilizados contra as mesmas pragas. Entretanto, efeitos adversos podem ser evitados, ou pelo menos mitigados, quando se faz o uso racional de uma ferramenta de controle, seja biológica ou química. Portanto, é crucial a adoção do manejo integrado de pragas da soja

(MIP-Soja) que preconiza o uso racional de qualquer método ou estratégia de manejo, sempre respeitando os níveis de ação, que são os níveis populacionais em que medidas de controle de pragas são realmente necessárias para evitar danos econômicos (Bueno et al., 2021).

Além dos inseticidas biológicos, o grupo dos reguladores de crescimento de insetos também se destacam pela sua maior seletividade aos agentes de controle biológico (Carvalho et al., 1994), principalmente quando comparados aos demais inseticidas químicos sintéticos. Os inseticidas flufenoxurom (10 g i.a. ha⁻¹), diflubenzurom (20 g i.a. ha⁻¹) e metoxifenozide (21,6 e 36 g i.a. ha⁻¹) foram considerados compatíveis com a preservação de pupas de *T. pretiosum* (Carmo et al., 2010a) e adultos de *Telenomus remus* (Carmo et al., 2010b). Apesar da maior seletividade dos inseticidas reguladores de crescimento de insetos, assim como mencionado anteriormente para os inseticidas biológicos, esses também podem causar efeitos negativos aos predadores (Figura 2) e parasitoides. Lufenurom, por exemplo, reduziu a capacidade de parasitismo de *T. pretiosum* em ovos de *Spodoptera frugiperda* (Pratisoli et al., 2004).

A toxicidade de um inseticida regulador de crescimento também pode variar com a fase de desenvolvimento do predador ou parasitoide que é exposta ao produto fitossanitário (Bueno et al., 2017). Triflumurom (24 g i.a. ha⁻¹) foi nocivo, classe 4 de uma classificação de 1 a 4 da *International Organization for Biological Control* (IOBC) quando aplicado sobre ovos parasitados de *Anagasta kuehniella* contendo *T. pretiosum* na fase larval. Por outro lado, esse produto na mesma dose foi inócuo (portanto compatível



Fotos: Adeney de Freitas Bueno

Figura 2. Larvas do crisopídeo *Chrysoperla externa* de segundo instar mortas durante a ecdise devido à ação do lufenurom. Detalhe da exúvia presa ao corpo (A). Detalhe da exúvia presa ao final do abdômen (B).

com o parasitoide) quando foi aplicado sobre ovos parasitados de *A. kuehniella* contendo *T. pretiosum* na fase de pupa (Bueno et al., 2008).

A variação na compatibilidade do produto fitossanitário com o predador ou parasitoide também é dependente da concentração do produto (Bueno et al., 2017). Triflumurom (14,4 g i.a. ha⁻¹) foi compatível (seletivo) com pupas de *T. pretiosum*. Entretanto, quando a dose desse inseticida foi aumentada para 24 g i.a. ha⁻¹, observou-se a redução da emergência dos adultos do parasitoide em 54,6% (Bueno et al., 2008). Portanto, sempre que a compatibilidade ou seletividade de um insumo agropecuário é avaliada, é importante considerar a dose do produto e a fase de desenvolvimento do inimigo natural em teste, visto que esses fatores têm influência direta nos resultados e sua alteração pode mudar a relação de compatibilidade do produto com o inimigo natural em avaliação.

Se, por um lado, os inseticidas biológicos são considerados mais seletivos e, portanto, mais compatíveis com os predadores e parasitoides, seguidos pelos reguladores de crescimento de insetos, por outro lado, os inseticidas dos grupos químicos carbamato e também piretroide são normalmente considerados menos compatíveis para esses insetos (Cañete, 2005; Bueno et al., 2017). Ao avaliar a ação de alguns piretroides, Carvalho et al. (2001) relataram diminuição da capacidade de parasitismo de adultos de duas linhagens de *T. pretiosum* por até 31 dias. Entretanto, em estudos conduzidos por Carmo et al. (2010a), alguns piretroides foram seletivos às pupas de *T. pretiosum* e nenhum produto foi classificado como nocivo. Essas diferenças podem ser atribuídas ao fato de que na fase de pupa, o parasitoide está mais protegido dentro do hospedeiro, o que a torna menos susceptível aos inseticidas (Bueno et al., 2017). Entretanto, durante a emergência, os parasitoides oófagos utilizam suas mandíbulas para romper o córion do ovo hospedeiro. Nesse momento, se ainda existir resíduos do inseticida, os parasitoides adultos podem ser contaminados e morrer durante o processo de emergência (Figura 3), o que ilustra a complexidade na avaliação de compatibilidade entre insumos químicos e biológicos.

Diferenças de tolerância aos químicos também pode existir entre espécies de predadores ou parasitoides. *Telenomus podisi*, um parasitoide de ovos de percevejos de dimensões corpóreas maiores que *T. pretiosum*, é usualmente mais tolerante a inseticidas quando comparados a *T. pretiosum* (Bueno et al., 2017). Isso não significa, entretanto, que o uso racional de inseticidas e a preferência por inseticidas biológicos ou, alternativamente, reguladores de crescimento de insetos, ainda não continue sendo importante para a preservação em campo desses insetos benéficos.

Os efeitos de novos inseticidas químicos, disponíveis no mercado brasileiro para controle de percevejos, foram avaliados sobre os parasitoides de ovos de *T. podisi* e *Trissolcus teretis*. Verificou-se que etiprole (0,75 e 1 L p.c.ha⁻¹) foi mais seletivo que sulfoxaflor + lambda-cialotrina (0,2 e 0,3 L p.c.ha⁻¹); enquanto tiametoxam + lambda-cialotrina (0,20 e 0,25 L p.c.ha⁻¹) e clorpirifós (2 L p.c.ha⁻¹) causaram impactos negativos aos parasitoides. Por isso, é recomendado que sejam feitas aplicações de inseticidas nas lavouras somente quando os níveis de controle da praga forem alcançados e isto deve ser determinado por meio de monitoramento populacional (Souza, 2021).

É importante salientar que não apenas os inseticidas, mas qualquer outro produto químico aplicado em lavouras de soja pode impactar negativamente na preservação de inimigos naturais, incluindo predadores ou parasitoides. Os herbicidas e fungicidas, na maioria das vezes, são negligenciados nesse aspecto, mas

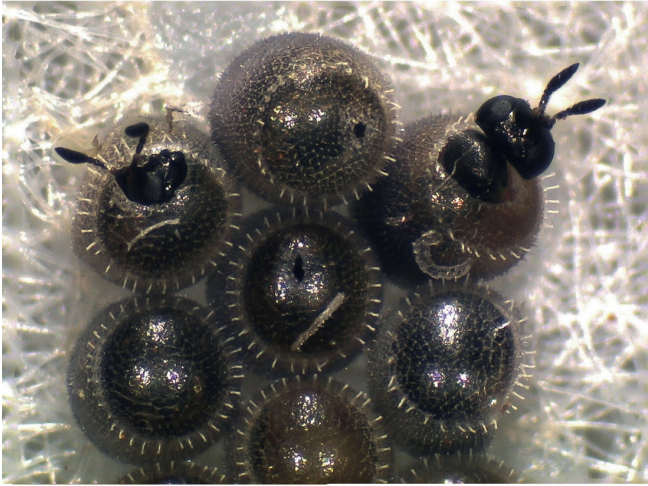


Foto: Adair Vicente Carneiro.

Figura 3. *Telenomus podisi* morto ao tentar emergir devido a resíduos de inseticidas pulverizados sobre os ovos.

podem também ter efeitos negativos sobre o controle biológico (Santos et al., 2006), principalmente se considerarmos a importância dos fungos benéficos. Bueno et al. (2008) relataram que alguns fungicidas foram nocivos à fase de ovo de *T. pretiosum*. Portanto, apesar de serem geralmente mais seletivos aos inimigos naturais (principalmente aos insetos benéficos) que os inseticidas, os fungicidas e também os herbicidas podem causar efeitos negativos e, por isso, devem ser usados somente quando forem realmente necessários para o manejo da cultura.

Em geral, considerando os aspectos bioecológicos de *T. pretiosum* e *T. podisi*, os dois principais parasitoides de ovos comercializados na atualidade para controle de pragas na cultura da soja, é recomendável que não haja aplicações de inseticidas entre 10 a 14 dias antes da liberação desses parasitoides no campo devido ao efeito residual dos inseticidas na superfície foliar. Após a liberação, é também recomendável que os inseticidas sintéticos não sejam utilizados 7 e 14 dias após a liberação de *T. pretiosum* e *T. podisi*, respectivamente.

O uso de insumos sintéticos pode ter efeitos danosos não somente nos artrópodes benéficos (predadores, parasitoides e polinizadores), mas também nos fungos e bactérias benéficos que muitas vezes são responsáveis por controle de organismos indesejados (pragas e patógenos). Esse efeito danoso pode interferir no papel desses fungos e bactérias como agentes de controle biológico de pragas e doenças, e pode favorecer surtos de pragas ou doenças anteriormente sob controle. Em muitos sistemas agrícolas, como o da soja, os fungos benéficos de ocorrência natural são importantes agentes de controle biológico de diversas espécies de insetos, ácaros ou organismos patogênicos. Frequentemente, no campo, esses agentes de controle biológico de pragas e doenças (fungos e bactérias) passam despercebidos pela maior parte dos sojicultores, mas a sua supressão pode ter consequências econômicas negativas importantes, pela ressurgência de pragas e doenças. Experimentos de campo em lavouras de soja têm demonstrado que a aplicação de fungicidas pode favorecer a maior incidência de lagartas nas áreas tratadas, pela supressão do fungo *M. rileyi* (Sosa-Gómez et al., 2003). Além de *M. rileyi*, ocorrem também fungos

como *B. bassiana* e outros menos conhecidos, mas não por isso menos importantes, como os fungos da ordem Entomophthorales, que são importantes agentes de controle natural de inúmeras pragas. Portanto, a aplicação de produtos com ação fungicida pode aumentar a população dessas pragas em razão da eliminação desses fungos benéficos. Inseticidas, herbicidas e principalmente fungicidas comumente aplicados em cultivos de soja podem afetar negativamente *M. rileyi*. A maioria dos produtos eficazes contra ferrugem-asiática inibe a germinação de esporos de *M. rileyi*. Dessa forma, para preservar esse fungo no sistema produtivo, as aplicações com fungicidas devem ser feitas oportunamente e apenas quando necessárias (Sosa-Gómez et al., 2003).

Além dos fungos entomopatogênicos, geralmente produtos à base de baculovírus podem ser utilizados juntamente com produtos químicos que não alterem o pH da calda de aplicação; entretanto, essa utilização conjunta pode não ser vantajosa em alguns casos. Por exemplo, a mistura de um bioinseticida de alta especificidade com inseticidas de amplo espectro de ação pode resultar em combinações cujo efeito não é seletivo. Isso contrasta com uma das principais características positivas do Baculovirus que é a sua seletividade, que permite ação complementar à de outros inimigos naturais.

Embora não desejável, uma prática utilizada para reduzir os custos de aplicação consiste em adicionar o vírus no momento da aplicação de herbicidas pós-emergentes, independente da densidade da praga. Entretanto, essa é uma prática que não segue uma das premissas do MIP-soja, que consiste em realizar a aplicação somente quando necessária. Embora não relatada há ocorrência de resistência às viroses no campo. O uso generalizado dessa operação pode aumentar o risco de ocorrência de resistência das pragas a esse entomopatógeno.

De acordo com Moscardi; Sosa-Gómez (1992), as misturas do nucleopoliedrovírus de *Anticarsia gemmatalis* (AgMNPV) com baixas doses de inseticidas (1/4 a 1/8 das doses recomendadas) foram eficientes para reduzir a população de *A. gemmatalis* quando o nível de ação de vinte lagartas pequenas (menores de 1,5 cm) por metro de linha para a aplicação do vírus foi ultrapassado. Assim, o uso de subdoses do inseticida permite reduzir o nível populacional da praga, enquanto que o vírus continua sua ação de controle da população remanescente, de modo a complementar a ação do inseticida, mostrando não apenas uma compatibilidade, mas também um efeito complementar da mistura.

Considerações finais e principais recomendações

O uso de insumos biológicos na agricultura tem apresentado acentuado crescimento nos últimos anos, e isto se deve em grande parte, à demanda crescente do mercado consumidor, que busca por produtos agrícolas com menor uso de químicos sintéticos em sua produção. Entretanto, é esperado que os insumos químicos ainda continuem sendo imprescindíveis para o sucesso da produção agrícola, pelo menos a curto prazo. Neste cenário, a compatibilidade entre insumos químicos e biológicos é essencial para o sucesso de sistemas produtivos. É importante a busca por produtos cada vez menos impactantes aos organismos benéficos que estão presentes em agroecossistema de soja. Cabe destacar que o sucesso na preservação dos diferentes organismos benéficos em lavouras de soja é apenas plenamente alcançada quando o Manejo Integrado de Pragas (MIP) e de Doenças (MID) e suas boas práticas agrícolas são adotados. A utilização racional de insumos químicos, adoção de níveis de ação para controle de pragas

e a priorização de uso dos insumos mais seletivos aos organismos benéficos é essencial. Essas medidas são muito importantes para qualquer insumo agrícola, seja ele químico ou biológico. Por mais seletivo e compatível que um produto químico ou biológico seja, a melhor forma de evitar seus impactos negativos é somente usá-lo quando realmente for necessário. Os benefícios do uso racional de insumos podem ser observados na cultura de soja no Estado do Paraná. Em programa piloto conduzido em parceria da Embrapa-Soja e o Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná), desde a safra 2013/2014, os resultados obtidos ilustram a importância do tópico abordado nesse capítulo (Tabela 1).

Tabela 1. Programa de adoção do MIP-soja no Estado do Paraná com a adoção de inseticidas seletivos

| Variáveis/Comparação 2013/14 | | Safrá | | | | |
|---|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | 2014/15 | 2015/16 | 2016/17 | 2017/18 | 2018/19 |
| Número de aplicações de inseticidas | Com adoção de MIP | 2,3 (46 áreas) | 2,1 (106 áreas) | 2,1 (123 áreas) | 2,0 (141 áreas) | 1,5 (196 áreas) |
| | Sem adoção de MIP | 5,0 (333 áreas) | 4,7 (330 áreas) | 3,8 (314 áreas) | 3,7 (390 áreas) | 3,4 (615 áreas) |
| Dias até a primeira aplicação de inseticida | Com adoção de MIP | 60 dias | 66 dias | 66,8 dias | 70,8 dias | 78,7 dias |
| | Sem adoção de MIP | 33 dias | 34 dias | 36 dias | 40,5 dias | 43,6 dias |
| Custo do controle de pragas (sacas/ha) | Com adoção de MIP | 2,41 | 2,00 | 2,00 | 2,30 | 1,41 |
| | Sem adoção de MIP | 5,03 | 5,00 | 4,00 | 4,10 | 3,27 |
| Produtividade (sacas/ha) | Com adoção de MIP | 49,23 | 60,20 | 57,10 | 64,50 | 61,7 |
| | Sem adoção de MIP | 48,67 | 58,60 | 54,70 | 64,20 | 60,4 |

Fonte: adaptado de CONTE et al., (2014; 2015; 2016; 2017; 2018).

Utilizando-se inseticidas apenas quando necessário, foi possível aumentar o intervalo da primeira aplicação em aproximadamente 30 dias (Tabela 1). Isso associado ao uso dos inseticidas seletivos permitiu maior preservação dos inimigos naturais na área. A adoção de MIP e MID é com certeza o principal passo para a preservação de agentes biológicos de artrópodes pragas em agroecossistemas, criando um ambiente mais favorável para o sucesso de uso de bioinsumos. Assim como recomendado para os produtos químicos sintéticos durante o desenvolvimento da cultura, o uso de produtos químicos para o tratamento de sementes também deve ser empregado apenas quando necessário, de forma customizada, de acordo com o histórico de ocorrência de pragas e doenças iniciais na área. Isso diminui as chances de incompatibilidade com inoculantes aplicados via sementes e diminui a carga de produtos nas mesmas. Como medidas atenuadoras do impacto sobre os inoculantes nas sementes, micronutrientes como Co e Mo, que são essenciais à FBN, podem ser aplicados posteriormente via foliar, se a inoculação for realizada via sementes. Outra possibilidade, é a aplicação dos inoculantes via suco de semeadura, de forma a separá-los do contato com os químicos nas sementes, mas não se deve adicionar outros produtos à calda, deixando-a apenas para os inoculantes.

Referências

- ANDALÓ, V.; MOINO JR., A.; SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; SOUZA, G. C. Compatibilidade de *Beauveria bassiana* com agrotóxicos visando o controle da cochonilha-da-raiz-do-cafeeiro *Dysmicoccus texensis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae). **Neotropical Entomology**, v.33, n.4, p.463-467, 2004. DOI: 10.1590/S1519-566X2004000400011
- ANGUINONI, F. B. G.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ANGUINONI, G.; FERRI, G. C.; SUZUKAWA, A. K.; TONIN, T. A. Pre-inoculation with *Bradyrhizobium* spp. in industrially treated soybean seeds. **Agricultural Sciences**, v.8, n.7, p.582-590, 2017.
- ARAUJO, R. S.; DA CRUZ, S. P.; SOUCHIE, E. L.; MARTIN, T. N.; NAKATANI, A. S.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Preinoculation of soybean seeds treated with agrichemicals up to 30 days before sowing: technological innovation for large-scale agriculture. **International Journal of Microbiology**, v. 2017, p. 1-11, 2017. DOI: 10.1155/2017/5914786
- BALBINOT JÚNIOR, A. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A.; CAMPOS LEITE, M. V. B. **Ata da XXXV Reunião de Pesquisa de Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 133 p. (Embrapa Soja, Documentos, 385).
- BATISTA FILHO, J. E. M.; ALMEIDA, C.; LAMAS, A. Effect of thiamethoxam on entomopathogenic microorganisms. **Neotropical Entomology**, v. 30, p. 437-447, 2001.
- BIONDI, A.; ZAPPA, L. A.; STARK, J. D.; DESNEUX, N. Do biopesticides affect the demographic traits of a parasitoid wasp and its biocontrol services through sublethal effects? **PLoS One** v. 8, n. 9, e76548; 2013. DOI: 10.1371/journal.pone.0076548
- BRADSHAW, J. D.; RICE, M. E.; HILL, J. H. Evaluation of management strategies for bean leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) and bean pod mottle virus (Comoviridae) in soybean. **Journal of Economic Entomology**, v. 101, p. 1211-1227, 2008. DOI: 10.1603/0022-0493
- BUENO, A. F.; BUENO, R. C. O. F.; PARRA, J. R. P.; VIEIRA, S. S. Effects of pesticides used in soybeans crops to the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum*. **Ciência Rural**, v.38, n.6 p.1495-1503, 2008. DOI: 10.1590/S0103-84782008000600001
- BUENO, A. F.; CARVALHO, G. A.; SANTOS, A. C.; SOSA-GOMEZ, D. R.; SILVA, D. M. Pesticide selectivity to natural enemies: challenges and constraints for research and field recommendation. **Ciência Rural**, v. 47, e20160829. 10p. 2017. DOI: 10.1590/0103-8478cr20160829
- BUENO, A. F.; PANIZZI, A. R.; HUNT, T. E.; DOURADO, P. M.; PITTA, R. M.; GONÇALVES, J. Challenges for adoption of integrated pest management (IPM): the soybean example. **Neotropical Entomology**, v. 50, p. 5-20, 2021. DOI: 10.1007/s13744-020-00792-9
- BUENO, A. F.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI F.; BUENO, R. C. O. Inimigos naturais das pragas da soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA B. S., MOSCARDI F. (Eds.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília: Embrapa, 2012, pp 493-629.
- CAMPO, R. J.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Nitrogen fixation with the soybean crop in Brazil: compatibility between seed treatment with fungicides and bradyrhizobial inoculants. **Symbiosis**, v. 48, p. 154-163, 2009. DOI: 10.1007/BF03179994
- CAMPO, R. J.; ARAUJO, R. S.; MOSTASSO, F. L.; HUNGRIA, M. In-furrow inoculation of soybeans as alternative for fungicides and micronutrients seed treatment and inoculation. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1103-1112, 2010. DOI: 10.1590/S0100-06832010000400010
- CAÑETE, C. L. **Seletividade de inseticidas a espécies de *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)**. 2005. 106 f. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- CARMO, E. L.; BUENO, A. F.; BUENO, R. C. O. F. Pesticide selectivity for the insect egg parasitoid *Telenomus remus*. **BioControl**, v. 55, p. 455-464, 2010b. DOI: 10.1007/s10526-010-9269-y
- CARMO, E. L.; BUENO, A. F.; BUENO, R. C. O. F.; GOULART, M. M. P.; CARNEIRO, T. R. Seletividade de produtos fitossanitários utilizados na cultura da soja para pupas de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 77, n. 2, p. 283-290, 2010a. DOI: 10.1590/1808-1657v77p2832010.
- CARVALHO, G. A.; GRUTZAMACHER, A. D.; PASSOS, L. C.; OLIVEIRA, R. L. **Physiological and Ecological Selectivity of Pesticides for Natural Enemies of Insects**. 1. ed. New York: Springer, 2019, v. 1, p. 469-478.
- CARVALHO, G. A.; PARRA, J. R. P.; BAPTISTA, G. C. Seletividade de alguns produtos fitossanitários a duas linhagens de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, p. 583-591, 2001.
- CARVALHO, G. A.; REIS, P. R.; GRUTZAMACHER, A. D.; DEGRANDE, P. E.; YAMAMOTO, P. T.; BUENO, A. F. Seletividade de produtos fitossanitários: uma estratégia viável para a agricultura sustentável. In: PARRA, J.R.P.; NAVA, D.E.; OLIVEIRA, R.C.; PINTO, A.S.; DINIZ, A.J.F. (Org.). **Controle Biológico com Parasitoides e Predadores na Agricultura Brasileira**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 2021, v. 1, p. 481-510.

- CARVALHO, G. A.; TIRONI, P.; RIGITANO, R. L. O.; SALGADO, L. O. Seletividade de inseticidas reguladores de crescimento de insetos a *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v. 23, p. 431-434, 1994.
- CLOYD, R. A.; BETHKE, J. A. Impact of neonicotinoid insecticides on natural enemies in greenhouse and interiorscape environments. *Pest Management Science*, v. 67, p. 3-9, 2011. DOI: 10.1002/ps.2015
- CONTE, O.; OLIVEIRA, F. T.; HARGER, N.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. **Resultados do Manejo Integrado de Pragas da Soja na safra 2013/14 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 56 p. (Embrapa Soja, Documentos 356).
- CONTE, O.; OLIVEIRA, F. T.; HARGER, N.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ROGGIA, S.; PRANDO, A. M.; SERATTO, C. D. **Resultados do Manejo Integrado de Pragas da Soja na safra 2015/16 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2016, 59 p. (Embrapa Soja, Documentos 375).
- CONTE, O.; OLIVEIRA, F. T.; HARGER, N.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ROGGIA, S.; PRANDO, A. M.; SERATTO, C. D. **Resultados do Manejo Integrado de Pragas da Soja na safra 2016/17 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2017, 70 p. (Embrapa Soja, Documentos 394).
- CONTE, O.; OLIVEIRA, F. T.; HARGER, N.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ROGGIA, S.; PRANDO, A. M.; SERATTO, C. D. **Resultados do Manejo Integrado de Pragas da Soja na safra 2017/18 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2018, 66 p. (Embrapa Soja, Documentos 402).
- CONTE, O.; OLIVEIRA, F. T.; HARGER, N.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ROGGIA, S. **Resultados do Manejo Integrado de Pragas da Soja na safra 2014/15 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2015, 60 p. (Embrapa Soja, Documentos 361).
- CORTÉS-PATIÑO, S.; BONILLA, R. R. Polymers selection for a liquid inoculant of *Azospirillum brasilense* based on the Arrhenius thermodynamic model. *African Journal of Biotechnology*, v. 14, p. 2547-2553, 2015. DOI: 10.5897/AJB2015.14777
- CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K. C.; VIVAN, L. M.; GUIMARÃES, H. O.; CARVALHAIS, T. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 43, p. 110-113, 2013.
- DALACOSTA, N. L.; FURLAN, S. H.; MAZARO, S. M. Compatibilidade de produtos à base de *Trichoderma* com fungicidas utilizados no tratamento de sementes. In: MEYER, M.C. MAZARO, S.M., SILVA, J.C. da. (Eds). *Trichoderma: uso na agricultura*. Brasília, DF: Embrapa, p. 323-338, 2019.
- DESNEUX, N.; DECOURTIE, A.; DELPUECH, J. M. The sublethal effects of pesticides on beneficial organisms. *Annual Review of Entomology*, v. 52, p. 81-106, 2007. DOI: 10.1146/annurev.ento.52.110405.091440
- DIVELY, G. P.; KAMEL, A. Insecticide residues in pollen and nectar of a cucurbit crop and their potential exposure to pollinators. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 60, p. 4449-4456, 2012. DOI: 10.1021/jf205393x
- EPA. U. S. Environmental Protection Agency. **Benefits of neonicotinoid seed treatments to soybean production**. Disponível em: http://www2.epa.gov/sites/production/files/2014-10/documents/benefits_of_neonicotinoid_seed_treatments_to_soybean_production_2.pdf; 2014. Acesso em: 15 dez. 2021.
- GONTIJO, P. C.; MOSCARDINI, V. F.; MICHAUD, J. P.; CARVALHO, G. A. Non-target effects of two sunflower seed treatments on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). *Pest Management Science*, v. 71, n. 4, p. 515-522, 2015. DOI: 10.1002/ps.3798
- GONTIJO, P. C.; MOSCARDINI, V. F.; MICHAUD, J. P.; CARVALHO, G. A. Non-target effects of chlorantraniliprole and thiamethoxam on *Chrysoperla carnea* when employed as sunflower seed treatments. *Journal of Pest Science* v. 87, p. 711-719, 2014. DOI: 10.1007/s10340-014-0611-5
- GOULSON, D. REVIEW: An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology*, v. 50, p. 977-987, 2013. DOI: 10.1111/1365-2664.12111
- HODGSON, E. W.; KEMIS, M.; GEISINGER, B. Assessment of Iowa growers for insect pest management practices. *The Journal of Extension*, v. 50, n.4, a. 23, RIB6, 2012.
- HOFFMANN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; OLIVEIRA, L. J.; SOSA-GOMEZ, D. R.; PANIZZI, A. R.; CORSO, I. C.; GAZZONI, D.L.; OLIVEIRA, E.B. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Londrina: Embrapa Soja, 70p., 2000.
- HULL, L.; BEERS, E. Ecological selectivity: modifying chemical control practices to preserve natural enemies. In: HOY, M. A.; HERZOG, D. C. (Eds.). *Biological control in agricultural IPM systems*. New York: Academic Press, p. 103-122, 1985.
- HUNGRIA, M.; ARAUJO, R. S.; SILVA JÚNIOR, E. B.; ZILLI, É. J. Inoculum rate effects on the soybean symbiosis in new or old fields under tropical conditions. *Agronomy Journal*, v. 109, p. 1106-1112, 2017. DOI: 10.2134/agronj2016.11.0641
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. **Tecnologia de Inoculação da Cultura da Soja: Mitos, Verdades e Desafios**. In: Boletim de Pesquisa 2019/2020. Rondonópolis: Fundação MT, 2019. p. 50-62. (Fundação MT. Boletim, 19).
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Alternative methods of soybean inoculation to overcome adverse conditions at sowing. *African Journal of Agricultural Research*, v. 10, p. 2329-2338, 2015. DOI: 10.5897/AJAR2014.8687

- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; CAMPOS, L. J. M.; MENNA, P.; BRANDI, F.; RAMOS, Y. G. Seed pre-inoculation with *Bradyrhizobium* as time-optimizing option for large-scale soybean cropping systems. *Agronomy Journal*, v. 112, p. 5222-5236, 2020. DOI: 10.1002/agj2.20392
- JESCHKE, P.; NAUEN, R.; SCHINDLER, M.; ELBERT, A. Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 59, p. 2897-2908, 2011. DOI: 10.1021/jf101303g
- JONES, A.; HARRINGTON, P.; TURNBULL, G. Neonicotinoid concentrations in arable soils after seed treatment applications in preceding years. *Pest Management Science*, v. 70, p. 1780-1784, 2014. DOI: 10.1002/ps.3836
- KREDICS, L.; MANCZINGER, L.; ANTAL, Z.; PÉNZES, Z.; SZEKERES, A.; KEVEI, F.; NAGY, E. *In vitro* water activity and pH dependence of mycelial growth and extracellular enzyme activities of *Trichoderma* strains with biocontrol potential. *Journal of Applied Microbiology*, v.96, p. 492-498, 2004. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2004.02167.x
- LAHM, G. P.; STEVENSON, T. M.; SELBY, T. P.; FREUDENBERGER, J. H.; CORDOVA, D.; FLEXNER, L.; BELLIN, C. A.; DUBAS, C. M.; SMITH, B.K.; HUGHES, K. A.; HOLLINGSHAUS, J. G.; CLARK, C.E.; BENNER, E. A. Rynaxypyr: a new insecticidal anthranilic diamide that acts as a potent and selective ryanodine receptor activator. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, v. 17, p. 6274-6279, 2007. DOI: 10.1016/j.bmcl.2007.09.012
- LAURENT, F. M.; RATHAHO, E. Distribution of C-14 imidacloprid in sunflowers (*Helianthus annuus* L.) following seed treatment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 51, p. 8005-8010, 2003. DOI: 10.1021/jf034310n
- LI, X.; DEGAIN, B. A.; HARPOLD, V. S.; MARCON, P. G.; NICHOLS, R. L.; FOURNIER, A. J.; NARANJO, S. E.; PALUMBO, J. C.; ELLSWORTH, P. C. Baseline susceptibilities of B- and Q-biotype *Bemisia tabaci* to anthranilic diamides in Arizona. *Pest Management Science*, v. 68, p. 83-91, 2012. DOI: 10.1002/ps.2227
- LOBO JUNIOR, M.; GERALDINE, A. M.; CARVALHO, D. D. C. **Controle biológico de patógenos habitantes do solo com *Trichoderma* spp., na cultura do feijoeiro comum.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 4p. (Embrapa Arroz e Feijão, Circular Técnica 85).
- MAIN, A. R.; HEADLEY, J. V.; PERU, K. M.; MICHEL, N. L.; CESSNA, A. J.; MORRISSEY, C. A. Widespread use and frequent detection of neonicotinoid insecticides in wetlands of Canada's Prairie Pothole Region. *PLoS One*, v. 9: e92821. 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0092821
- MALKONES, H. P. Comparison of the effects of differently formulated herbicides on soil microbial activities a review. *Journal of Plant Diseases and Protection*, v. 8, p. 781-789, 2000.
- MCFADYEN, R. E. C. Biological Control of Weeds. *Annual Review of Entomology*, v. 43, p.369-93, 1998.
- MORAES, R. R.; LOECK, A. E.; BELARMINO, L. C. Inimigos naturais de *Rachiplusia nu* (Guenée, 1852) e de *Pseudoplusia includens* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae) em soja no Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 26, p. 57-64, 1991.
- MOSCARDI, F.; SOSA-GÓMEZ, D. R. Use of viruses against soybean caterpillars in Brazil. In: COPPING, I.G.; GREEN, M.B.; REEDS, R.T. (Eds.). *Pest management in soybean*. London: Elsevier Applied Science, p.98-109, 1992.
- MOSCARDINI, V. F.; GONTIJO, P. C.; MICHAUD, J. P.; CARVALHO, G. A. Sublethal effects of chlorantraniliprole and thiamethoxam seed treatments when *Lysiphlebus testaceipes* feed on sunflower extrafloral nectar. *BioControl*, v. 59, p. 503-511, 2014. DOI: 10.1007/s10526-014-9588-5
- NUYTENS, D.; DEVARREWAERE, W.; VERBOVEN, P.; FOQUE, D. Pesticide-laden dust emission and drift from treated seeds during seed drilling a review. *Pest Management Science*, v. 69, p.564-575, 2013. DOI: 10.1002/ps.3485
- O'BRIEN, P. A. Biological control of plant diseases *Australasian Plant Pathology*, v.46, p.293-304, 2017. DOI 10.1007/s13313-017-0481-4
- OLIVEIRA, R. L.; GONTIJO, P.; SÂMIA, R. R.; CARVALHO, G. A. Long-term effects of chlorantraniliprole reduced risk insecticide applied as seed treatment on lady beetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Chemosphere*, v. 219, p.; 678-683, 2019. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.12.058
- PICANÇO, M. C.; GUEDES, R. N. C. Manejo integrado de pragas no Brasil: situação atual, problemas e perspectivas. *Ação Ambiental*, v. 2, p. 23-27, 1999.
- PLANES, L.; CATALAN, J.; TENA, A.; PORCUNA, J. L.; JACAS, J. A.; IZQUIERDO, J.; URBANEJA, A. Lethal and sublethal effects of spirotetramat on the mealybug destroyer, *Cryptolaemus montrouzieri*. *Journal of Pest Science*, v. 86, p. 321-327, 2013. DOI: 10.1007/s10340-012-0440-3
- POTRICH, M.; ALVES, L. F. A.; HAAS, J.; SILVA, E. R. L.; DAROS, A.; PIETROWSKI, V.; NEVES, P. M. O. J. Seletividade de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* a *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Neotropical Entomology*, v. 38, p. 822-826, 2009. DOI: 10.1590/S1519-566X2009000600016
- PRATISSOLI, D.; THULLER, R. T.; PEREIRA, F. F.; REIS, E. F. Ação transovariana de lufenuron (50 g/L) sobre adultos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e seu efeito sobre o parasitóide de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Ciência e Agrotecnologia*, v. 28, p. 9-14, 2004. DOI: 10.1590/S1413-70542004000100001

- REIS, M. R.; LEÃO, E. U.; SANTOS, G. R.; SARMENTO-BRUM, R. B. C.; GONÇALVES, C. G.; CARDON, C. H.; SILVA, D. B. Impacto de herbicidas em isolados de *Trichoderma* spp. *Planta Daninha*, v. 31, p. 419-426, 2013.
- RICHETTI, A.; GOULARTI, A. C. **Adoção e Custo do Tratamento de Sementes na Cultura da Soja**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2018. 9 p. (Embrapa Agropecuária Oeste, Comunicado Técnico, 247).
- RODRIGUES, T. F.; BENDER, F. R.; SANZOVO, A. W. S.; FERREIRA, E.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Impact of pesticides in properties of *Bradyrhizobium* spp. and in the symbiotic performance with soybean. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 36, p.172. 2020. DOI: 10.1007/s11274-020-02949-5
- ROYER, T. A.; GILES, K. L.; NYAMANZI, T.; HUNGER, R. M.; KRENZER, E. G.; ELLIOTT, N. C.; KINDLER, S. D.; PAYTON, M. Economic evaluation of the effects of planting date and application rate of imidacloprid for management of cereal aphids and barley yellow dwarf in winter wheat. *Journal of Economic Entomology*, v. 98, p. 95-102, 2005. DOI: 10.1603/0022-0493-98.1.95
- SAINI, E. Aspectos morfológicos y biológicos de *Podisus connexivus* Bergroth (Heteroptera: Pentatomidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, v. 53, p. 35-42, 1994.
- SAINI, E.; QUINTANA, G.; RIOS, M. Interacción entre el depredador *Podisus connexivus* (Heteroptera: Pentatomidae) y el virus de la poliedrosis nuclear de *Rachiplusia nu* (Lepidoptera: Noctuidae) en condiciones de laboratorio. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, v. 56, p. 105-108, 1997.
- SÂMIA, R. R.; GONTIJO, P. C.; OLIVEIRA, R. L.; CARVALHO, G. A. Sublethal and transgenerational effects of thiamethoxam applied to cotton seed on *Chrysoperla externa* and *Harmonia axyridis*. *Pest Management Science*, v. 75, p.694-701, 2019. DOI:10.1002/ps.5166
- SANCHEZ-BAYO, F.; TENNEKES, H. A.; GOKA, K. Impact of systemic insecticides on organisms and ecosystems. In: TRDAN, S. (Ed.). *Insecticides - development of safer and more effective technologies*. London: IntechOpen. p. 365-414, 2013.
- SANDINI, I. E.; BELANI, R. B.; FALBO, M. K.; PACENTCHUK, F.; HUZAR-NOVAKOWISKI, J. Seed treatment and pre-inoculation of soybean: effect of storage period and agrochemicals on the physiological quality of seed and yield. *African Journal of Agricultural Research*, v. 14, p. 151-160, 2019. DOI: 10.5897/AJAR2018.13687
- SANDINI, I. E.; BELANI, R. B.; FALBO, M. K.; PACENTCHUK, F.; HUZAR-NOVAKOWISKI, J. Pre-inoculation of soybean seeds: effects on survival of *Bradyrhizobium elkanii*, nodulation and crop yield. *African Journal of Agricultural Research*, v. 13, p. 2680-2690, 2018. DOI: 10.5897/AJAR2018.13591
- SANTOS, A. C.; BUENO, A. F.; BUENO, R. C. O. F. Seletividade de Defensivos Agrícolas aos Inimigos Naturais. In: PINTO, A.S.; NAVA, D.E.; ROSSI, M.M.; MALERBO-SOUZA, D.T. (Eds.). *Controle Biológico de pragas na prática*. 1. ed., v.1, p. 221-227, 2006.
- SANTOS, M. S.; RODRIGUES, T. F.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. The challenge of combining high yields with environmentally friendly bioproducts: A review on the compatibility of pesticides with microbial inoculants. *Agronomy*, v. 11, p. 870, 2021. DOI: 10.3390/agronomy11050870
- SANTOS, M. S.; RONDINA, A. B. L.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Compatibility of *Azospirillum brasilense* with pesticides used for treatment of maize seeds. *International Journal of Microbiology*, v. 2020, Article ID 8833879, 8 p., 2020. DOI: 10.1155/2020/8833879
- SEAGRAVES, M. P.; LUNDGREN, J. G. Effects of neonicotinoid seed treatments on soybean aphid and its natural enemies. *Journal of Pest Science*, v. 85, p. 125-132, 2012. DOI: 10.1007/s10340-011-0374-1
- SHAPIRO, J. P.; LEGASPI, J. C. Assessing biochemical fitness of predator *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae) in relation to food quality: effects of five species of prey. *Annals of the Entomological Society of America*, v. 99, n.2, p. 321-326, 2006. DOI: 10.1603/0013-8746(2006)099[0321:ABFOPP]2.0.CO;2
- SILVA, E. R.; ZOZ, J.; OLIVEIRA, C. E. S.; ZUFFO, A. M.; STEINER, F.; ZOZ, T.; VENDRUSCOLO, E. P. Can co-inoculation of *Bradyrhizobium* and *Azospirillum* alleviate adverse effects of drought stress on soybean (*Glycine max* L. Merrill.)?. *Archives of Microbiology*, v. 201, p. 325-335, 2019. DOI: 10.1007/s00203-018-01617-5
- SMITH, S. F.; KRISCHIK, V. A. Effects of systemic imidacloprid on *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Environmental Entomology*, v. 28, p. 1189-1195, 1999. DOI: 10.1093/ee/28.6.1189
- SOSA-GÓMEZ, D. R. **Seletividade de agroquímicos para fungos entomopatogênicos**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 13 p. Disponível em: www.ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSo-2009-09/28931/1/seletiv_fung.pdf. Acesso em: 10 mar. 2022.
- SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORSO, I. C.; OLIVEIRA, L. J.; MOSCARDI, F. **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2006, 66 p.
- SOSA-GÓMEZ, D. R.; DELPIN, K. E.; MOSCARDI, F.; NOZAKI, M. H. The impact of fungicides on *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson epizootics and on populations of *Anticarsia gemmatilis* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae), on soybean. *Neotropical Entomology*, v. 32, p. 287-291, 2003. DOI: 10.1590/S1519-566X2003000200014

- SOUZA, W. R. Seletividade fisiológica de inseticidas utilizados em soja para os parasitoides *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 e *Trissolcus teretis* (Johnson, 1987) (Hymenoptera: Scelionidae). 2021. 46p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná, Londrina. 2021.
- SPECHT, A.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; PAULA-MORAES, S. V.; YANO, S. A. C. Identificação morfológica e molecular de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) e ampliação de seu registro de ocorrência no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 48, p. 689-692, 2013. DOI: 10.1590/S0100-204X2013000600015
- STONER, K. A.; EITZER, B. D. Movement of soil-applied imidacloprid and thiamethoxam into nectar and pollen of squash (*Cucurbita pepo*). *PLoS One*, v. 7, e39114, 2012. DOI: 10.1371/journal.pone.0039114
- TAYLOR, A. G.; ECKENRODE, C. J.; STRAUB, R. W. Seed coating technologies and treatments for onion: challenges and progress. *HortScience*, v. 36, p.199-205, 2001. DOI: 10.21273/HORTSCI.36.2.199
- TOMIZAWA, M.; CASIDA, J. E. Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of selective action. *Annual Review of Pharmacology*, v. 45, p. 247-268, 2005.
- TORRES, J. B.; BARROS, E. M.; COELHO, R. R.; PIMENTEL, R. M. M. Zoophytophagous pentatomids feeding on plants and implications for biological control. *Arthropod-Plant Interactions*, v. 4, p. 219-227, 2010. DOI: 10.1007/s11829-010-9095-2
- TORRES, J. B.; BUENO, A. F. Conservation biological control using selective insecticides - A valuable tool for IPM. *Biological Control*, v. 126, p. 53-64, 2018. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2018.07.012
- TORRES, J. B.; ZANUNCIO, J. C.; MOURA, M. A. The predatory stinkbug *Podisus nigrispinus*: biology, ecology and augmentative releases for lepidoperan larval control in *Eucalyptus* forests in Brazil. *CABI Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, v. 1, n. 1, p. 1-18. 2006. DOI: 10.1079/PAVSNR20061015
- VAN LENTEREN, J. C.; BOLCKMANS, K.; KÖHL, J.; RAVENSBERG, W. J.; URBANEJA, A. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl*, v. 63, p.39-59, 2018. DOI: 10.1007/s10526-017-9801-4
- WAGHUNDE, R. R.; SHELAKE, R. M.; SABALPARA, A. N. *Trichoderma*: A significant fungus for agriculture and environment. *African Journal of Agricultural Research*, v. 11, n. 22, p. 1952-1965, 2016.
- WILDE, G.; ROOZEBOOM, K. L.; AHMAD, A.; CLAASSEN, M.; GORDON, B.; HEER, F.; MADDUX, L.; MARTIN, V.; EVANS, P.; KOFOID, K. D.; LONG, J.; SCHLEGEL, A. J.; WITT, M. Seed treatment effects on early season pests of corn and corn growth and yield in the absence of agricultural pests. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, v. 24, p. 177-179, 2007.
- ZILLI, J. E.; GIANLUPPI, V.; CAMPO, R. J.; ROUWS, J. R. C.; HUNGRIA, M. Inoculação da soja com *Bradyrhizobium* no sulco de semeadura alternativamente à inoculação de sementes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, p. 1875-1881, 2010.