

*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

Desafios na adoção de bioinsumos

Sérgio Miguel Mazaro

Juliano Cesar da Silva

Maurício Conrado Meyer

Adeney de Freitas Bueno

Introdução

Com a crescente preocupação mundial pela preservação ambiental e a produção de alimentos mais saudáveis e de forma sustentável, conceitos como agricultura regenerativa e bioinsumos estão em evidência. Além disso, o número de moléculas químicas disponíveis para utilização agrícola vem sendo reduzida periodicamente, o que aumenta a demanda por alternativas sustentáveis que possam substituir muitos desses químicos banidos do mercado para uma maior proteção ambiental ou de saúde. Nesse novo cenário o solo e a planta passam a fazer parte de um sistema produtivo integrado e mais equilibrado, abuscando-se a redução do uso de agroquímicos e priorizando-se a utilização de produtos de baixo impacto ambiental e de baixo risco à saúde humana. Esse movimento contribuiu para o desenvolvimento e a utilização de bioinsumos.

Entretanto, a temática da produção sustentável inclui grandes desafios, como por exemplo, o manejo de pragas, doenças, nematoides e plantas daninhas, geralmente associado a um sistema produtivo em desequilíbrio. Comumente nestas áreas, a perda de efetividade de alguns ativos químicos e a seleção de populações de pragas resistentes é uma realidade. Isso desequilibra ainda mais o sistema produtivo, exigindo medidas de manejo eficientes para que perdas econômicas de produtividade sejam evitadas, ou pelo menos mitigadas.

Além desses desequilíbrios mencionados até aqui que ocorrem acima do solo, é importante também levar em consideração o que ocorre abaixo do solo. Nesse contexto, deve-se considerar o uso demasiado de fertilizantes químicos, sem diversidade de plantas, culminando em solos pobres quanto aos níveis de matéria orgânica, baixa capacidade de retenção de água, reduzida solubilização de nutrientes e baixa biodiversidade. Seguindo este racional, podemos complementar que no sistema produtivo em desequilíbrio, a saúde do solo foi deixada de lado, na busca de uma produtividade momentânea, em que ao longo dos cultivos, o solo foi comprometido e o potencial produtivo estagnou ou em muitos casos houve decréscimo de produtividade. Nestas situações, em solos depauperados, visando a produtividade, e esquecendo do solo, o agricultor busca no aumento das doses de fertilizantes químicos tentar solucionar um problema, que foi causado ao longo dos anos. Atualmente, devido à dificuldade em encontrar áreas

novas, bem como, com a preocupação com a saúde do solo, já não se permite este tipo de agricultura.

E quando se fala em agricultura regenerativa, o próprio termo nos remete a regenerar, o que envolve um manejo integrado do sistema produtivo, com substituição gradativa dos agroquímicos, inserção de bioinsumos que permitam a melhoria da saúde de todo o agroecossistema, o equilíbrio biológico, a estabilidade e eficiência dos agentes de controle biológico, o uso de práticas culturais sustentáveis (plântio direto, utilização de culturas de cobertura e a rotação de culturas), mensurando os riscos e preconizando altas produtividades. Entretanto, essa substituição de químicos sintéticos por alternativas biológicas não é tão simples de ser realizada e diferentes obstáculos precisam ser superados. Desta forma, este capítulo buscar abordar os principais desafios na adoção de bioinsumos na cultura da soja, visando desmistificar, trazer temas relevantes e experiências práticas.

Prospecção de novos bioinsumos

As universidades e os institutos de pesquisas públicos e privados vêm desenvolvendo pesquisas básicas com bioinsumos, como por exemplo, a prospecção de microrganismos, de macrorganismos, de metabólitos, de extratos vegetais, algas marinhas e formulações. Entretanto, alguns desafios ainda são encontrados nessa etapa, entre os quais podemos destacar:

1) A prospecção de microrganismos consiste no isolamento e caracterização de novas cepas, sendo que nos últimos anos diversos pesquisadores nas mais diferentes regiões do Brasil realizaram a prospecção. Adicionalmente, ao longo de décadas muitos isolados microbianos foram armazenados em coleção de culturas, os quais necessitam agora ser explorados quanto aos seus usos potenciais, finalizando portanto o desenvolvimento dos bioinsumos para que possam ser usados em campo na prática.

A seleção e a análise detalhada do potencial dos microrganismos demandam tempo e um programa específico de pesquisa que precisa de recursos financeiros e de pessoal para ser executado, visando a definição dos alvos biológicos a serem controlados e a caracterização do modo de ação do agente de biocontrole. Um dos maiores desafios é a integração entre pesquisadores, indústria e produtores, para que a prospecção de novos isolados continue no desenvolvimento de novos produtos comerciais com eficiência validada à campo, como por exemplo, a eficiência de controle, a solubilização de nutrientes, a mitigação ao estresse hídrico, a bioestimulação e a promoção de crescimento.

2) A prospecção de macrorganismos consiste na identificação de espécies de inimigos naturais. Estes organismos geralmente ocorrem na natureza e é necessário um bom avaliador para entender a dinâmica do ciclo de vida do inimigo natural. Pesquisas de campo, associadas ao laboratório são determinantes nesta fase. Os inimigos naturais podem ser classificados em predadores e parasitoides. Após a fase de caracterização, segue-se a definição da metodologia de produção massal do organismo selecionado e de sua liberação comercial em campo. O sucesso dessas etapas exige muitos esforços de pesquisa e recursos financeiros, o que é justamente um dos principais desafios na prospecção e desenvolvimento de bioinsumos a base de macrorganismos. Como o desenvolvimento de produtos macrobiológicos utiliza organismos vivos da natureza, estes tem muita dificuldade de ter qualquer tipo de proteção intelectual de sua composição ou desenvolvimento. Isso desestimula seriamente investidores privados em seu desenvolvimento, pois estes não terão qualquer exclusividade ou vantagem comercial na exploração do bioinsumo proveniente de seu investimento financeiro.

3) A prospecção de metabólitos tende a ser um dos maiores avanços na área de bioinsumos nos

próximos anos, considerando o potencial dos microrganismos na produção destes compostos. A ciência vem avançando na área de metagenômica e metabolômica, contribuindo na identificação, caracterização desses metabólitos, entretanto, os desafios existentes estão concentrados na necessidade de pesquisas referentes a estabilização, a produção em escala comercial e principalmente a formulação, que tem atualmente um número muito pequeno de profissionais atuantes na área no Brasil, o que certamente limita o avanço na obtenção de produtos comerciais. Atualmente no Brasil existem apenas produtos registrados à base de peptídeos derivados de proteína harpin e de cerevisane.

4) A prospecção de extratos vegetais de diferentes espécies é uma das estratégias amplamente utilizadas na identificação de novos compostos que possam ser utilizadas para a agricultura. Os extratos de plantas são complexos derivados de matérias-primas de origens diversas, necessitando processos distintos para obtenção do amplo espectro de bioatividade presente (Yakhin et al., 2017). A identificação dos compostos, a extração dos compostos por diferentes metodologias, a estabilização e formulação, são atividades que demandam conhecimentos da área química. A utilização de extratos de plantas na agricultura remonta ao início da agricultura, mas somente nos últimos anos os extratos vegetais foram formulados em produtos comerciais. No Brasil atualmente existem produtos registrados no MAPA à base de óleo de Nim, extrato de Melaleuca, extrato de alho, extrato de *Reynoutria sachalinensis* e extrato etanólico de *Sophora flavescens*. No entanto, existem relatos de extratos como o extrato de moringa (*Moringa oleifera*), utilizada na cultura do feijão (Howladar et al., 2014; Elzaawely LY et al., 2017), milho (Basra et al., 2011) e trigo (Rehman et al., 2017); o extrato de alcaçuz (*Glycyrrhiza glabra*) em feijão (Rady et al., 2019) e em ervilha (Desoky et al., 2019) e o extrato de artemisia (*Artemisia vulgaris*) em batata (Findura et al., 2020).

Com a diversidade de plantas no Brasil, o potencial de desenvolvimento de bioinsumos é enorme, sendo muitas plantas relatadas cientificamente, e não exploradas comercialmente. O grande desafio é a realização de análises especializadas que permitem entendimento dos processos moleculares, bioquímicos e fisiológicos relacionados, para melhor entendimento das vias fisiológicas e bioquímicas afetadas. Também é importante a intensificação de estudos que considerem o potencial na melhoria de cultivos, cultivares, condições distintas de solo e clima, níveis nutricionais, doses e frequência de aplicações, fatores esses determinantes para aplicação segura e em larga escala destes bioinsumos, assim como de qualquer outro insumo agrícola.

5) A prospecção de produtos à base de algas marinhas, consiste na identificação da espécie e caracterização de qual componente será utilizado no produto formulado, podendo ser utilizado a alga ou seus derivados. Os produtos à base de algas marinhas têm um amplo espectro de utilização, podendo os produtos serem classificados como bioestimulantes, biofertilizantes, quando o foco principal é a nutrição das plantas, mas também pode ser classificado como indutores de resistência. Atualmente no MAPA existem registros de produtos à base de *Ecklonia máxima* e *Laminaria digitata*. Para os biofertilizantes e bioestimulantes comumente são utilizadas as espécies de *Ascophyllum nodosum*, *Lithothamnium calcareum* e cianobactérias.

Por mais que se tenha avançado na busca e descoberta de novos microrganismos, metabólitos, extratos vegetais, algumas demandas ainda são desafios, como: a mitigação a seca, a tolerância à altas temperatura e salinidade, a seleção de rizobactérias que beneficiam o hospedeiro com a síntese de moléculas osmoprotetoras, a produção de enzimas antioxidantes, de fitohormônios e de agentes reguladores do metabolismo.

Formulação

A adoção ampla dos bioinsumos na agricultura somente ocorrerá se os produtos comerciais apresentarem formulações, onde, o ingrediente ativo ou nutriente de interesse esteja estabilizado numa formulação inovadora, para o que o agricultor possa utilizar o produto corretamente no campo.

Desta forma, nas últimas décadas as pesquisas em formulações, como por exemplo, de agentes de biocontrole, bioestimulantes e biofertilizantes têm sido realizadas por grupos de pesquisadores multidisciplinares em instituições de pesquisa públicas e privadas. Estas pesquisas, anteriormente realizadas pela indústria química, agora tem um olhar para os bioinsumos, visando a estabilização dos microrganismos vivos, onde se pretende manter a estrutura, como por exemplo, os conídios, os blastósporos, os microscleródios, os endósporos e as células viáveis por um período de 12, 24 e até 36 meses.

Com relação aos extratos de plantas, extratos de algas e metabólitos, o desenvolvimento de formulações, além da estabilização do produto, são cruciais para o sucesso na eficiência dos produtos. Por isso, a pesquisa e inovação em formulações deve ser fomentada para que novos profissionais sejam capacitados e possam contribuir na oferta de produtos inovadores e de elevada eficiência.

Produção industrial e qualidade dos bioinsumos

Os bioinsumos necessitam ser produzidos em escala industrial, visando atender a demanda do campo. Portanto, é necessária a mecanização de muitos dos processos de produção do bioinsumo que atualmente ainda são feitos de forma manual. Somente assim será possível o escalonamento da produção a preços acessíveis e competitivos para serem usados na prática. A clareza de qual componente será utilizado na formulação do bioinsumos, determinará o tipo de planta industrial a ser implantada. Ou seja, para cada tipo de componente ou ingrediente ativo demandará equipamentos específicos, como por exemplo, os reatores utilizados para a fermentação de bactérias não são os mesmos utilizados para a fermentação de fungos, os laboratórios para a criação de insetos não poderão estar situados na mesma estrutura que os destinados à produção de fungos e bactérias, o processo industrial de extratos de plantas necessita de estrutura e laboratório dedicados e especializados. Portanto, para cada tipo de bioinsumo e volume a ser produzido a estrutura da planta industrial deverá ser planejada e dimensionada, para que o processo produtivo possa ocorrer da melhor forma possível, evitando transtornos e perdas durante sua produção.

Quando se trata de qualidade de bioinsumos, as principais características inicialmente analisadas são referentes à pureza do produto (ausência de contaminantes) e à adequada concentração do seu ingrediente ativo.

Com relação aos contaminantes, a indústria vem evoluindo muito, implantando programas de controle de qualidade, seleção de boa matéria prima, equipamentos e com equipe especializada, o que tem resultado em período de prateleira dos produtos industrializados adequado para a realidade do campo. Diante disso, capítulos específicos referentes ao controle de qualidade na produção de microbiológicos e também na produção de macrobiológicos foram redigidos por especialistas e podem ser consultados mais a frente nesse livro.

No processo de produção *on farm*, apesar de ter ocorrido melhorias nos sistemas de produção, ainda é um problema a presença de contaminantes, seja por falta de equipamentos adequados, matéria prima com pouca qualidade ou da carência de profissionais especializados.

Outros fatores não menos importantes que a questão de contaminações é a concentração do produto

biológico e a sua viabilidade até o momento da aplicação. Com relação a concentração, da mesma forma que já abordado em relação aos contaminantes, a indústria vem aperfeiçoando seus processos produtivos e atingindo concentrações padronizadas. Além de inserir no processo industrial componentes da formulação que propiciam estabilidade e viabilidade dos produtos.

No sistema *on farm*, acredita-se que este tema seja um dos maiores desafios, haja visto que mesmo com estruturas mais especializadas para o processo produtivo, carece de padrão de qualidade da matéria prima, e inserção de técnicas que permitam uma maior vida de prateleira, neste sentido, a concentração e a viabilidade são instáveis após algumas horas em armazenamento. Nessa mesma linha, a não utilização de tecnologia apropriada para o processo produtivo pode resultar em produto com baixa ou nenhuma eficiência como relatado por Valicente et al., 2018, que realizaram estudos com produtos *on farm* a base de *B. thuringiensis*, e observaram que além de contaminações, inexistia a presença de cristais, estrutura determinante para eficiência a campo do inseticida à base de *B. thuringiensis*.

Adicionalmente, um dos fatores mais importantes é a viabilidade dos agentes biológicos no momento da aplicação, devendo considerar alguns fatores como transporte da indústria para revendas ou produtores, armazenamento, formas de aplicação e suas compatibilidades. Quanto ao acondicionamento inicial e transporte pela indústria, existe uma preocupação com a logística, muitas vezes utilizando centrais de distribuição, que facilitam o transporte de forma rápida, uso de câmaras frigoríficas ou caixas térmicas.

O grande desafio que tem se observado é a preservação desses produtos na fazenda, na maioria dos casos sem controle de temperatura, e armazenados por longos períodos e muitas vezes em condições inadequadas. Também em alguns casos tem se observado tratamentos prévios, quando utilizados nas sementes, o que gera perda de viabilidade, seja por condições ambientais adversas ou até mesmo por incompatibilidade. Neste sentido, é importante um trabalho de conscientização seja do produtor ou do técnico que faz o acompanhamento, demonstrando que existe uma necessidade de cuidados distintos no preparo e utilização da calda de aplicação.

Ainda outro fator que precisa ser considerado, quando a aplicação for no sulco de semeadura, muitas vezes, são utilizados equipamentos que não possuem isolante térmico no tanque de armazenamento, elevando a temperatura, em alguns casos chegando acima de 40 °C, inviabilizando grande parte dos agentes biológicos. É importante ações junto a indústria, adequando os tanques de armazenamento de biológicos, seja com isolamento térmico ou com sistema de refrigeração.

Tecnologia de aplicação

Para o sucesso do controle biológico é necessário o amplo entendimento dos alvos biológicos a ser controlados e como atingi-los. Quando se trata de problemas fitopatológicos na cultura da soja, é importante ter conhecimento do ciclo da relação patógeno hospedeiro, identificar a fonte de inóculo inicial, e nesse caso definir estratégias de como evitar a disseminação ou redução do inóculo inicial.

Se o problema for fungos de solo e nematoides, a intervenção biológica tem que ser no solo, seja no tratamento de sementes, ou preferencialmente no sulco de semeadura. Já quando o problema for mofo-branco, o alvo biológico são os escleródios, neste caso, a aplicação deverá ser preferencialmente na fase inicial do cultivo da soja, ou seja, antes de ocorrer o fechamento da linha. Outra opção de controle seria no sistema de produção, contemplando os cultivos que antecedem ou sucedem a cultura, com foco na redução do inóculo inicial de *Sclerotinia sclerotiorum*.

Se o problema for doenças foliares, da mesma forma, importante identificar a fonte de inóculo, no caso de oídio, míldio e ferrugem-asiática que são causadas por fungos biotróficos, as aplicações devem ser preventivas, permitindo estabilização dos agentes biológicos, e associadas dentro de um programa de manejo de fungicidas. Quando se trata de doenças causadas por fungos hemibiotróficos e necrotróficos, como crestamento de cercospora, mancha-parda, antracnose e mancha-alvo, onde a fonte de inóculo inicial estão nos restos culturais, devido às suas características saprofíticas, a intervenção deve iniciar de forma preventiva, atingindo a palhada para que haja uma ação de biocontrole, bem como atinja o baixeiro da planta, local de ocorrência das primeiras infecções.

Quando se trata do manejo de pragas é importante termos o entendimento do ciclo de vida do inseto-praga, hábito alimentar e momento de intervenção mais assertiva, permitindo redução de danos e efetividade de controle. Como exemplo de sucesso, e eficiência do uso de Bt no controle da lagarta *Helicoverpa armigera* no ano de 2013, quando ocorreu a introdução da praga no Brasil e resultou na grande adoção do bioinseticida.

Outra questão a ser considerada é que tem-se preconizado a redução dos volumes de calda de produtos químicos, na busca de melhor rendimento operacional. Já com os biológicos essa redução de calda pode comprometer a efetividade do controle.

Essa questão de atingir o alvo biológico parece bastante óbvia, no entanto, observa-se que no campo, existem ainda posicionamentos inadequados, tornando a aplicação pouco eficiente ou ineficiente.

Em qualquer aplicação, seja química ou biológica, os principais cuidados a serem observados, tais como tamanho de gotas, volume de aplicação, adequação aos tipos de alvos, pressão de pulverização, velocidade de deslocamento, regulagens, calibrações e manutenções para o bom desempenho do pulverizador e respeitar as condições meteorológicas no momento das aplicações, como o vento, temperatura e umidade, para que as pulverizações aconteçam com qualidade, segurança e eficiência. Para aplicações de biológicos cuidados que antecedem o preparo de caldas, os sistemas de agitação, o local e tempo de armazenamento da calda, os tipos de formulações e adjuvantes e a interação biológica destes fatores com os componentes dos circuitos hidráulicos dos pulverizadores para que as aplicações aconteçam de forma eficiente e eficaz.

Mas vale reforçar que quando se trata de biológicos, esses parâmetros são orientações básicas que devem ser seguidas, mas o maior desafio é aplicar em condições ambientais que permitam a estabilização dos agentes biológicos na cultura ou no sistema. Portanto, fatores como umidade, temperatura e insolação, são condições primordiais que devem ser observadas durante a aplicação de bioinsumos.

Quando a aplicação for realizada na semente ou no sulco de semeadura, e se a semeadura for realizada antes da normalização das chuvas, "no pó", prática não recomendada mas comumente utilizada nos cerrados brasileiros, a perda de viabilidade do agente biológico deve ser considerada, o que pode ser observado com o uso de inoculantes à base de *Bradyrhizobium*, resultando em baixa nodulação. Considera-se que para a efetividade de agentes biológicos quando usado na semente e sulco de semeadura, as condições de umidade devem ser similares para germinação de sementes.

Compatibilidade

É esperado que um único bioinsumo não seja suficiente para solucionar todos os problemas referentes a produção da cultura em que é aplicado. Assim, a compatibilidade de insumos biológicos e insumos químicos, assim como a compatibilidade entre diferentes insumos biológicos é crucial para o sucesso

do manejo da cultura e é discutido em detalhes em capítulo a frente nesse livro dedicado inteiramente ao tema. Em geral, deve-se sempre considerar no no tratamento de sementes com químicos associados a biológicos, além de problemas de incompatibilidades, limite de calda na semente, excesso de manuseio e consequentes danos mecânicos. Sendo recomendado, sempre que possível, a aplicação com jato dirigido no sulco de semeadura.

Outra aplicação de biológico utilizada de forma equivocada, é quando associados com glifosato, muitas vezes com alvo biológico para doenças foliares, mofo-branco ou pragas. Além das incompatibilidades com o ativo químico, tal aplicação ocorre a pleno sol, condição totalmente desfavorável para os bioinsumos. Nesta mesma linha, a aplicação conjunta com fertilizantes foliares, fungicidas e inseticidas, deve-se considerar além da compatibilidade química as condições ambientais favoráveis à aplicação com os agentes biológicos e muitas vezes indiferentes para a aplicação de químicos.

Bons resultados têm sido observados em aplicações noturnas, ou nas horas mais amenas do dia e com boa umidade. Estratégia de aplicação nessas condições tem demonstrado excelentes resultados quanto à efetividade do uso de biológicos.

Considera-se um dos maiores desafios o correto entendimento de que os bioinsumos necessitam de condições ambientais adequadas para a aplicação, neste sentido é importante por parte de consultores, técnicos, órgãos de pesquisa e extensão, realizar campanhas de conscientização e treinamentos, demonstrando a importância destas condições para sucesso dos bioinsumos.

Com relação à compatibilidade, esse é um dos grandes desafios que precisa evoluir, pois além da compatibilidade química, que permite viabilidade do agente de biocontrole, é importante considerar a seletividade a macroorganismos (predadores e parasitoides). Para isso, é importante que o produtor faça uso de tabelas de compatibilidades, considerando a especificidade do produto comercial, bem como, quando não existir tal informação, fazer uso de forma isolada, considerando ainda as melhores condições ambientais para a aplicação.

Outro fator que deve avançar é a identificação da compatibilidade biológica entre bioinsumos, pois existem muitas especificidades nos diferentes bioinsumos, não sendo possível generalizar que são compatíveis certos gêneros ou espécies, devendo-se conhecer o comportamento específico das cepas envolvidas durante o preparo de calda ou no produto formulado.

Casos de sucesso devem servir de exemplos, como a coinoculação na cultura da soja, com associação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*, observado inicialmente por produtores e validado pela pesquisa, tanto do ponto de vista da compatibilidade entre os microrganismos, quanto da indicação de cepas mais apropriadas par ao produto formulado e da recomendação técnica.

Pesquisas conduzidas pela Embrapa Soja, resultaram no lançamento do inoculante contendo na mesma formulação os microrganismos *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens* com ações de fixação de Nitrogênio, mobilização de Fósforo e promoção de crescimento de plantas, sendo registrado para as culturas da soja e do milho. Também na Embrapa Milho e Sorgo foi desenvolvida a associação de estirpes de *Bacillus subtilis* e *B. megaterium* capazes de aumentar a eficiência do uso de P para as plantas.

A pesquisa tem um grande desafio a ser enfrentado quanto a estudos que permitam considerar o uso da combinação de microrganismos, haja visto a grande diversidade de agentes biológicos, condições edafoclimáticas distintas no Brasil e condições de manejo cultural. Como precaução entende-se que a utilização de associações de biológicos devem ser validadas e orientadas pela pesquisa.

Utilização dos bioinsumos nos sistemas produtivos

A percepção de que o uso de biológicos deve ser utilizada no sistema é um dos grandes desafios a ser incorporado no manejo biológico, haja visto que em sistemas de cultivo com agroquímicos, tem-se preconizado o uso de forma distinta, utilização quando atinge o dano econômico ou ainda muitas vezes erroneamente de maneira calendarizada.

A intervenção com biológicos deve seguir o princípio de manejo preventivo, considerando tempo e condições de estabilização.

Neste sentido, no manejo dos fitopatógenos, o uso de agentes biológicos com especificidade de ação, aplicações nas diferentes culturas do sistema, associadas a rotação de culturas, permite redução dos patógenos, e consequente redução das doenças.

Caso muito esclarecedor é o do manejo de podridão-de-carvão causada por *Macrophomina phaseolina*, doença é favorecida por condições de baixa umidade do solo, adversas ao estabelecimento dos antagonistas e ação de biocontrole.

Nesse caso, a aplicação dos agentes de biocontrole deve ser feita de forma preventiva, em condições ambientais com umidade, o que permite a estabilização dos agentes biológicos, ocorrendo então ação sobre os microescleródios, e consequente redução da fonte de inoculo, resultando menores danos em condições propícias para a doença.

Da mesma forma para mofo-branco, o uso contínuo de agentes de biocontrole permite a redução do banco de escleródios, com a consequente redução da incidência da doença. A associação a rotação de cultura com plantas não hospedeiras e preservação de palhada, tem demonstrado ser estratégia complementar ao uso de biológicos no manejo da doença.

Para nematoides segue o mesmo raciocínio quanto ao conhecimento das espécies envolvidas no patossistema, o uso de agentes biológicos com efetividade de controle, aplicação de forma continuada nas diferentes culturas do sistema, associado a plantas não hospedeiras, permitem a redução da população na área, permitindo com isso, a redução dos danos causados à cultura e aumento da produtividade.

Da mesma forma para pragas, a visão de sistema, o monitoramento e as aplicações racionais, permitem o aumento da ocorrência de inimigos naturais, e consequente a redução dos danos causados pelas pragas.

Em síntese, é importante termos a percepção de que os bioinsumos são uma das inúmeras ferramentas, e que em ambientes em desequilíbrio, é importante ações no sistema produtivo, tendo o entendimento que a natureza precisa de tempo e de ambiente favorável para fazer a parte dela.

Tecnologias inovadoras

O maior desafio em tecnologias inovadoras é avançar no aperfeiçoamento de ferramentas que possibilitem a incorporação de bioinsumos em sistemas de produção, relacionado às condições biológicas, químicas, físicas e dos manejos culturais, sendo que, a intervenção assertiva conforme a necessidade, podendo ser o manejo fitossanitário, o nutricional ou o fisiológico. Essa transformação irá propiciar solos mais saudáveis e produtivos, biologicamente ativos e resilientes, com melhor eficiência no uso de nutrientes, com maior capacidade para armazenamento de água e de biorremediação de pesticidas.

Considerações finais

O uso crescente de biológicos exigirá mudanças legislativas, técnicas e culturais, sendo os desafios nos diferentes setores envolvidos:

Por parte do governo, deverá avançar no Programa Nacional de Bioinsumos, instituindo novas legislações, normativas específicas para os biológicos, bem como alinhadas com políticas internacionais, além de políticas que permitam maior aproximação dos setores da pesquisa, do setor privado e do legislativo.

Estimular as redes de pesquisadores, como por exemplo, a rede de ensaios de mofo-branco, coordenado pela Embrapa Soja, a qual valida os produtos biológicos para o controle de *S. sclerotiorum*. Ou ainda a RELARE (Reunião da Rede de Laboratórios para Recomendação, Padronização e Difusão de Tecnologias de Inoculantes Microbianos de Interesse Agrícola), auxiliando na transferência dos resultados da pesquisa para a indústria, apoio à normatização de regras para a certificação de produtos biológicos de qualidade, estímulo ao mercado nacional através da promoção do uso de novos produtos e difusão de novas tecnologias.

Por parte da pesquisa serão necessários avanços quanto a prospecção de novos agentes biológicos, entendimento da modalidade de ação, compatibilidades, novas formulações, exploração de metabólitos, recomendação técnica assertiva e segurança alimentar e ambiental.

Como exemplo de sucesso, a pesquisa encontrou estirpes com maior capacidade de FBN, competitivas e adaptadas a condições edafoclimáticas dos cerrados, sendo determinantes para eficiência da FBN com a soja brasileira (Hungria et al., 2006; Hungria; Mendes, 2015).

Ainda é necessário avançar em alguns segmentos pouco explorados, como o uso de biológicos no manejo de doenças foliares na cultura da soja, analisando os diferentes patossistemas, bem como, o desenvolvimento de bioinsumos a serem utilizados na mitigação dos estresses associados à seca, um dos grandes problemas já observados nos últimos anos, e visto como um dos grandes desafios a ser enfrentado no sistema de produção agrícola brasileiro.

Por parte da indústria, existe a necessidade de avanços quanto ao conhecimento da especificidade das cepas dos microrganismos e seus alvos biológicos, formulações inovadoras e de fácil manuseio, forma de armazenamento do produto formulado, compatibilidade com outros produtos, seletividade, estabilidade e vida de prateleira. Além de ampliar as relações públicas privadas, considerando o grande potencial científico das Instituições de pesquisa públicas.

Com relação a produção *on-farm*, a indústria deverá atender as licenças Federais, Estaduais e Municipais necessárias para a produção de agrotóxicos, assim, o processo de produção nesta modalidade garantirá os avanços no controle de qualidade e na segurança do processo produtivo.

Os serviços de assistência técnica e consultoria agrônoma deverão se capacitar para atender os produtores de forma assertiva quanto às orientações e recomendações de uso de bioinsumos.

O produtor rural deverá ter a percepção que a facilidade de manejo de pragas e doenças não é mais a mesma, os desafios serão muito maiores, e que ele terá um papel importante, para buscar reverter as condições de cultivo em desequilíbrio. Deverá passar por uma conscientização que irá necessitar fazer uso de agentes biológicos, que está trabalhando com microrganismos vivos, que devem chegar ao campo viáveis, precisam ter condições para se estabelecerem, bem como, investir em equipamentos apropriados para sua melhor performance.

E o consumidor, terá cada vez mais consciência dos benefícios de uma produção com redução de agroquímicos, e o emprego de bioinsumos, demandando cada vez mais por parâmetros relacionados à qualidade e segurança alimentar.

Um dos grandes desafios da agricultura regenerativa será o entendimento por parte dos produtores e técnicos na correta utilização dos bioinsumos no manejo integrado de pragas e doenças, associados aos benefícios nutricionais e de bioestimulação.

Portanto, a ampla adoção de bioinsumos no sistema de produção de soja está intrinsecamente ligada à geração de dados de pesquisa. Assim, é primordial o fomento de novos estudos visando o desenvolvimento de produtos inovadores, atrelado à difusão de tecnologia e capacitação técnica dos recomendantes e produtores.

Referências

- BASRA, S.M.A.; IFTIKHAR, M.N.; AFZAL, I. Potential of moringa (*Moringa oleifera*) leaf extract as priming agent for hybrid maize seeds. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 13, p. 1006-1010, 2011.
- DESOKY, E.-S. M.; ELSAYED, A. I.; MERWAD, A.-R.; RADY, M. M. Stimulating antioxidant defenses, antioxidant gene expression, and salt tolerance in *Pisum sativum* seedling by pretreatment using licorice root extract (LRE) as an organic biostimulant. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 142, p. 292-302, 2019.
- ELZAAWELY, A. A.; AHMED, M. E.; MASWADA, H. F.; XUAN, T. D. Enhancing growth, yield, biochemical, and hormonal contents of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) sprayed with moringa leaf extract. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 63, n. 5, p. 687-699, 2017. Doi: 10.1080/03650340.2016.1234042
- FINDURA, P.; KOCIRA, S.; HARA, P.; PAWLOWSKA, A.; SZPARAGA, A.; KANGALOV, P. Extracts from *Artemisia vulgaris* L. in potato cultivation - preliminary research on biostimulating effect. **Agriculture**, v. 10, n. 356, 2020. Doi:10.3390/agriculture10080356
- HOWLADAR, S. M. A novel *Moringa oleifera* leaf extract can mitigate the stress effects of salinity and cadmium in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 100, p. 69-75, 2014.
- HUNGRIA, M.; MENDES, I. C. Nitrogen fixation with soybean: the perfect symbiosis? In: DE BRUIJN, F.J. (Ed.). **Biological nitrogen fixation**. vol.2. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2015. p.1009-1023. (DOI: 10.1002/9781119053095.ch99).
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C.; GRAHAM, P. H. Contribution of biological nitrogen fixation to the N nutrition of grain crops in the tropics: the success of soybean (*Glycine max* L. Merr.) in South America. In: SINGH, R. P.; SHANKAR, N.; JAIWAL, P. K. (Eds.). **Nitrogen nutrition and sustainable plant productivity**. Houston, Texas: Studium Press, LLC, 2006. p. 43-93.
- RADY, M. M.; DESOKY, E.-S. M.; ELRY, A. S.; BOGHDADY, M. S. Can licorice root extract be used as an effective natural biostimulant for salt-stressed common bean plants? **South African Journal of Botany**, v. 121, p. 294-305, 2019.
- REHMAN, H. U.; BASRA, S. M. A.; RADY, M. M.; GHONEIM, A. M.; WANG, Q. Moringa leaf extract improves wheat growth and productivity by delaying senescence and source-sink relationship. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 19, p. 479-484, 2017.
- VALICENTE, F. H.; LANA, U. G. de P.; PEREIRA, A. C. P.; MARTINS, J. L. A.; TAVARES, A. N. G. Riscos à produção de biopesticida à base de *Bacillus thuringiensis*. Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 239. 20p, 2018.
- YAKHIN, O. I.; LUBYANOW, A. A.; YAKHIN, I. A.; BROWN, P. H. Biostimulants in plant science: a global perspective. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, n. 2049, 2017.