



ARTIGO DE REVISÃO

Thiago Costa Ferreira^{1*}
Daniele Maria do Nascimento¹
Érika Oliveira da Silva¹

¹ Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”
– UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas,
Fazenda Lageado, Rua José Barbosa de Barros,
1780, 18610-307, Botucatu, SP, Brasil

*Autor Correspondente:
E-mail: ferreira_uepb@hotmail.com

PALAVRAS-CHAVE

Sustentabilidade
Agricultura
Controle fitossanitário
Entomologia

KEYWORDS

Sustainability
Agriculture
Phytosanitary control
Entomology

Métodos alternativos para controle de insetos-praga em sementes

Alternative methods of seed treatments aiming pest control

RESUMO: A agricultura está cada vez mais tecnificada, utilizando abundantemente os recursos naturais de acordo com suas metas produtivas e gerando, assim, desequilíbrio nos ciclos naturais. Em sua maior parte, essa produção é realizada por meio da utilização de sementes, que são sensíveis a diversos fatores, entre estes injúrias provocadas por insetos-praga. Para o controle dessas pragas em sementes, diversas metodologias alternativas de tratamento podem ser empregadas: metabólitos secundários vegetais, organismos biocontroladores, indutores de resistência, controle físico e manejo integrado. Logo, estudos na área de tratamento alternativo de sementes é uma das bases para a fomentação de uma agricultura sustentável, em que muitas são as possibilidades de pesquisa e trabalho.

ABSTRACT: Currently, agriculture is becoming more technological, using abundant natural resources according to its productive goals and thus generating imbalance in the natural cycles. This production, is mostly carried out through the use of seeds, that are sensitive to several factors such as injuries caused by pest insects. For the control of these pests in seeds, several alternative treatment methodologies may be employed: secondary metabolites vegetables, biocontrol organisms, resistance inducers, physical control and integrated management. Studies in the area of alternative treatments is one of the bases for the fomentation of a sustainable agriculture, in which many are the possibilities of research and work.

1 Introdução

A agricultura atual é uma atividade que tem sido cada vez mais tecnificada, usando, para isso, metodologias avançadas, dependentes da aplicação maciça de insumos sintéticos e da utilização abundante dos recursos naturais para que sejam alcançadas suas metas produtivas (Wilson & Tisdell, 2001; Wang et al., 2014; Nodari & Guerra, 2015; Sharma et al., 2015).

As práticas anteriormente citadas têm gerado um grande desequilíbrio nos ciclos naturais em nosso planeta (Nodari & Guerra, 2015), sendo esse um fator implicante na discussão seguinte: como manter a crescente necessidade de produção de alimentos e ao mesmo tempo ser sustentável (Wilson & Tisdell, 2001; Timmermann & Felix, 2015).

Em grande parte, a produção agrícola está baseada na utilização de sementes como principal propágulo reprodutivo. Essas sementes carecem de cuidados mais intensos para sobressair em meio às adversidades ambientais, como as pragas agrícolas que são agentes causais de vários problemas, que culminam na redução da produção, produtividade e da qualidade dos produtos vegetais (John et al., 2011).

O controle químico de insetos-praga dos cultivos não é a única alternativa para o controle destes, mas existe uma diversidade de metodologias alternativas a serem empregadas (Bardin et al., 2015). Ainda sobre os compostos utilizados no controle químico de pragas em sementes, estes têm geralmente maior espectro de atuação, sendo muitas vezes difíceis de degradar no meio ambiente, além de serem facilmente bioacumuláveis em diversos organismos, causando problemas diversos (John et al., 2011).

Muitos são os avanços nessa área de conhecimento, porém ainda existem muitos questionamentos a serem respondidos e solucionados, principalmente no que diz respeito ao controle fitossanitário de sementes (John et al., 2011; Sharma et al., 2015).

Já os diferentes métodos de controle alternativos aos compostos sintéticos são importantes, pois têm ações e espectros mais específicos, em alguns casos sendo estes seletivos a ponto de funcionarem com um único grupo de organismos, por exemplo. Aliado a esse fato, diversos outros pontos podem ser enumerados, dentre os mais importantes: a fácil degradabilidade no meio ambiente, o baixo custo e a facilidade de adequação e utilização de componentes naturais presentes aos agroecossistemas (Sharma et al., 2015).

Diante de tal importância do tema citado, o tratamento alternativo de semente desponta como uma das áreas de interesse para a agricultura moderna por diversos fatores sociais, científicos e governamentais. Sendo assim, o objetivo deste manuscrito é a descrição de métodos alternativos de controle sanitário de insetos-praga em sementes, os avanços e perspectivas futuras desse segmento de conhecimento.

2 Desenvolvimento

2.1 Modelos de agricultura atual

A revolução agrícola ocorrida na segunda metade do século XX permitiu que vários países, desenvolvidos e em desenvolvimento econômico, pudessem utilizar tecnologias avançadas que favorecem acréscimos na produtividade agrícola, sendo estas: plantas melhoradas geneticamente, insumos sintéticos (adubos e pesticidas), irrigação e motomecanização

das atividades agrícolas (Wilson & Tisdell, 2001; Nodari & Guerra, 2015; Sharma et al., 2015).

Essas propostas favoreceram em excesso a agricultura e este ideário tem sido intensamente construído por cientistas, governos e agricultores, permitindo, assim, uma crescente produção mundial de gêneros alimentícios, energias e fibras. Porém, segundo a comunidade científica e outros segmentos da população, esse processo ambiental gera uma dependência exagerada de recursos naturais, perda da capacidade de autorregulação e insustentabilidade no agroecossistema (Nodari & Guerra, 2015).

Assim, atualmente é necessário conduzir uma agricultura que possa prover as demandas humanas sem maiores problemas ao meio ambiente e à insustentabilidade do sistema (referência), o que somente é possível com a utilização de diversas metodologias alternativas de trabalho para o favorecimento de uma agricultura mais sustentável (Wilson & Tisdell, 2001; Timmermann & Felix, 2015).

2.2 Sementes e sua importância

A semente é a porção fértil da frutificação vegetal, formada pelo embrião, reservas nutritivas e tegumento, gerada a partir do desenvolvimento sexual da inflorescência (fecundação) e sendo o principal meio de propagação das espécies vegetais cultivadas (Yurela, 2015).

Sua formação acontece com inúmeras sucessões de ações fisiológicas e morfológicas e pela acumulação de fotoassimilados e água. Pela ação de diversos componentes bioquímicos (principalmente hormônios vegetais), a semente madura, seca e desliga-se da planta-mãe (Yurela, 2015; Paparella et al., 2015).

Com a maturidade, a semente está apta a demonstrar seu vigor fisiológico, dependente das condições ambientais e das características genéticas presentes na semente, podendo, assim, ser passível de classificação de acordo com sua capacidade de germinação, emergência e vigor (Paparella et al., 2015). Um dos importantes fatores depreciadores da qualidade das sementes são as injúrias de natureza biológica, como o ataque de insetos-praga (Miransari & Smith, 2014; Tuda et al., 2014; Nodari & Guerra, 2015).

2.3 Problemas com insetos-praga em sementes

Os problemas produzidos por insetos-praga em vegetais têm aumentado significativamente, variando entre 7% e 34% (utilização de inseticidas) e 18% (metodologias alternativas) (Nodari & Guerra, 2015). Tuda et al. (2014) descrevem que existe uma coevolução entre as plantas e seus predadores (herbívoros), com um suporte ecológico bem acentuado nessa interação, sendo tais pontos também válidos para a interação entre insetos-praga e sementes.

Tais insetos-praga são causadores de problemas em sementes nos períodos de armazenamento, semeio ou pós-emergência (até a perda dos cotilédones). Segundo Ancheta & Heard (2011) e Sharma et al. (2015), esses insetos-praga podem ser divididos em dois grandes grupos de acordo com seu hábitat e hábito alimentar em:

1. **Pragas de campo:** insetos que atacam as sementes no solo (Ordens: Coleoptera e Hemiptera); pragas que atacam diretamente as sementes na produção ou que atacam os tecidos produzidos

após a germinação das sementes (Ordens: Coleoptera, Hemiptera e Lepidoptera) até a perda dos cotilédones. Todos esses insetos têm hábitos sugadores ou mastigadores.

2. Pragas de armazém: insetos que atacam sementes quando estão armazenadas (Ordens: Coleoptera, Hemiptera e Lepidoptera), causando nelas danos primários ou secundários, como perda de área foliar ou morte da parte aérea pela ação em raízes, respectivamente.

Várias ordens de insetos são pragas de sementes como citado anteriormente. Nos tópicos a seguir, são descritos alguns exemplos de gêneros ou espécies de insetos-praga de sementes, divididos em ordem e em suas respectivas famílias (Melo et al., 2011; Ancheta & Heard, 2011; Sharma et al., 2015) (Tabela 1).

Para tais grupos de insetos citados anteriormente, os métodos de controle alternativos são mais utilizados prioritariamente para sementes armazenadas. Já pesquisas em controle alternativo de insetos-praga causadores de problemas na fase de produção, semeadura até a queda dos cotilédones das plântulas têm sido um campo carente de exploração e pesquisa científica, no qual se tem pensado em métodos de tratamento no sulco de plantio ou pulverização em pós-emergência (Sharma et al., 2015).

Segundo Nodari & Guerra (2015) e Aluja et al. (2014), as metodologias de manejo sustentável de insetos-praga são as seguintes: utilização de uma visão sistêmica, integrada e complexa do sistema. Dentre as práticas, o controle ou convivência com os insetos-praga em um nível populacional que cause nenhum ou pouco dano (abaixo do nível de dano econômico) pode ser compreendido como uma maneira sustentável de trabalhar o agroecossistema (Ancheta & Heard, 2011; Sharma et al., 2015).

2.4 Tratamento de sementes: conceituação e breve histórico

O conceito do tratamento de sementes está relacionado à aplicação de uma determinada quantidade de produto fitossanitário em sementes, para o controle de pragas (Sharma et al., 2015), permitindo a redução dos possíveis danos de insetos-praga e, assim, o desempenho normal de suas atividades metabólicas (Paparella et al., 2015; Yurela, 2015).

Segundo Sharma et al. (2015), a cronologia do tratamento de sementes iniciou-se nas civilizações antigas, como a egípcia, a grega e a romana (2000 a.C.-100 d.C.), com o uso de extrato

vegetal, passando pela Idade Média, com imersão de sementes em solução salina. No século XVIII, houve a descoberta do arsênico e da submersão em água morna.

No século XIX, foram introduzidos tratamentos com moléculas químicas com diferentes modos de ação e organismos-alvo. Atualmente, tem sido pesquisada muito a utilização dos seguintes controles alternativos: metabólitos secundários vegetais, organismos biocontroladores, indutores de resistência, controle físico e manejo integrado (Tuda et al., 2014; Sharma et al., 2015; Paparella et al., 2015; Yurela, 2015).

2.5 Tratamento de sementes com metabólitos secundários vegetais

O metabolismo é o conjunto de reações bioquímicas presentes nos tecidos dos órgãos de um ser vivo que acontece de acordo com as especificidades atuantes neste. Os vegetais produzem uma infinidade de produtos derivados do chamado metabolismo secundário, que são substâncias aleloquímicas incluídas na complexa relação entre a planta e o meio ambiente em que ela está inserida, sendo úteis em várias ações naturais, como defesa da planta contra insetos-praga herbívoros (Gahukar, 2012; Miransari & Smith, 2014).

O tratamento de sementes com tais metabólitos tem sido realizado largamente (Melo et al., 2011), das seguintes maneiras: a) pós secos, os quais são misturados nas sementes antes do armazenamento (Melo et al., 2011, 2015); b) extratos vegetais e óleos essenciais, tratando a semente como seriam tratadas com o tratamento químico (Melo et al., 2011; Gahukar, 2012).

Na Tabela 2, são descritos alguns trabalhos que exemplificam o controle alternativo de espécies de insetos-praga com o uso de diferentes espécies vegetais.

2.6 Tratamento de sementes com pós inertes

Os pós inertes são substâncias neutras, de fácil aplicação e utilizadas no tratamento de sementes, dentre as quais podemos citar: cinzas (xisto, madeira, entre outros materiais) e produtos minerais à base de alumínio, cálcio e silício (Stadler et al., 2012).

Com respeito às cinzas provenientes da combustão de materiais incinerados, a eficiência e a viabilidade desses compostos residuais devem-se à constituição química do produto (inseticidas). Podemos destacar o controle de *Sitophilus zeamais*

Tabela 1. Principais espécies de insetos-praga causadoras de danos diretos a sementes.

Table 1. Major species of pest insects causing direct damage to seeds.

Inseto-praga	Espécie vegetal predada	Momento do dano
<i>Rhyzopertha dominica</i> (Bostrichidae), <i>Sitophilus</i> (Curculionidae), <i>Acanthoscelides</i> e <i>Zabrotes</i> (Bruchidae), <i>Callosobruchus</i> (Chryzomelidae), <i>Tribolium</i> e <i>Alphitobius</i> (Tenebrionidae) e <i>Cryptolestes</i> (Laemophloeidae),	Sementes de grãos e cereais em geral	Campo e armazenamento
<i>Conoderus</i> (Elateridae); <i>Phyllophaga</i> , <i>Cyclocephala</i> , <i>Diloboderus</i> , <i>Stenocrates</i> e <i>Eutheola</i> (Scarabaeidae)	Plântulas de culturas comerciais	Campo
<i>Nezara</i> , <i>Piezodorus</i> e <i>Euschistus</i> (Pentatomidae); e <i>Cyrtomenus</i> (Cydnidae)	Plântulas de culturas comerciais e sementes em formação	Campo
<i>Anagasta</i> , <i>Corcyra</i> e <i>Plodia</i> (Pyralidae); <i>Sitotroga</i> (Gelechiidae) e <i>Ephestia</i> (Crambidae)	Sementes de grãos e cereais em geral	Armazenamento
<i>Elasmopalpus</i> (Pyralidae); <i>Helicoverpa</i> , <i>Spodoptera</i> e <i>Mocis</i> (Noctuidae)	Sementes de grãos e cereais em geral	Campo

Tabela 2. Exemplos de controle alternativos de insetos-praga e espécies vegetais utilizadas para seu controle em sementes.**Table 2.** Examples of alternative control of insect pests and plant species used for their control in seeds.

Inseto-praga	Espécie vegetal	Parte do vegetal	Modo de preparo	Referência
<i>Zabrotes subfasciatus</i>	<i>Allium porrum</i> e <i>Parthenium hysterophorus</i>	Folhas	Pó	Valdes et al. (2010)
	<i>Laurus nobilis</i>	Folhas	Pó	Silva et al. (2013b)
<i>Sitophilus zeamais</i>	<i>Capsicum baccatum</i>	Frutos	Pó/inteiro	Almeida et al. (2013)
	<i>Capsicum annuum</i>	Frutos	Pó	Silva et al. (2013b)
	<i>Annona montana</i>	Folhas	Pó/folhas inteiras	Ribeiro et al. (2014)
<i>Cryptolestes ferrugineus</i>	<i>Momordica charantia</i>	Toda a planta	Extrato alcoólico	Melo et al. (2011)
	<i>Azadirachta indica</i> e <i>Cymbopogon winterianus</i>	Folhas	Pó	Silva et al. (2013a)
<i>Callosobruchus maculatus</i>	<i>Cleome spinosa</i> , <i>Mimosa tenuiflora</i> , <i>Anadenanthera macrocarpa</i> e <i>Aspidosperma pyrifolium</i>	Folhas e frutos	Extrato/ pó	Melo et al. (2015)
<i>Tribolium confusum</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>	Folhas	Extrato/ pó	Russo et al. (2015)
<i>Tribolium castaneum</i>	<i>Mentha rotundifolia</i> , <i>Origanum vulgare</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Thymus vulgaris</i> e <i>Lavandula spica</i>	Planta inteira	Extrato/ pó / Planta inteira	Clemente et al. (2003)
	<i>Cerriops tagal</i>	Folha	Extrato/ pó	Du et al. (2011)
<i>Acanthoscelides</i> sp.	<i>Myrtus communis</i> , <i>Laurus nobilis</i> e <i>Tanacetum armenum</i>	Folha	Extrato/ pó	Smaniotto et al. (2010)
<i>Alphitobius diaperinus</i>	<i>Thuja occidentalis</i> e <i>Tanacetum vulgare</i>	Folha	Extrato/ pó	Szolyga et al. (2014)
	<i>A. indica</i>	Folhas/ frutos	Extrato/ pó	Azevedo et al. (2010)
<i>Plodia interpunctella</i>	<i>Armoracia rusticiana</i>	Folhas	Extrato/ pó	Chen et al. (2011)

em sementes de milho (Lima et al., 1999; Silva et al., 2013a). Essa ação é decorrente de dois principais processos, pelo fato de a cinza conter vários compostos resultantes da queima dos compostos, que podem ser letais aos insetos (como óxido de potássio), e pelo fato de o ambiente ter a umidade diminuída pela ação hidrosférica da cinza (Lima et al., 1999).

Sobre os produtos à base de alumínio e cálcio, a efetividade está ligada à toxidez (inseticida) nos mesmos modos citados anteriormente, com o agravante de que tais compostos podem bioacumular nos tecidos vegetais, tornando-os não palatáveis a estes, e, ainda, ao fortalecimento estrutural dos tecidos vegetais após a aplicação (Bavaresco, 2007; Stadler et al., 2012). Os compostos provenientes do alumínio têm efetividade sobre os insetos-praga: *Sitophilus oryzae* e *Rhyzopertha dominica* em milho e cevada (Stadler et al., 2012). Bavaresco (2007) atesta a efetividade de compostos à base de cálcio no controle de *Acanthoscelides obtectus* em condições de laboratório.

O silício é um dos elementos químicos formadores de vários compostos presentes na Terra, encontrados na natureza na forma pura ou na forma de minerais, podendo ser absorvidos e acumular em tecidos vegetais. Segundo Debnath et al. (2011) e Silva et al. (2013b), sua ação contra insetos pode ocorrer de duas maneiras: por contato, ao aderir à cutícula do inseto, pode levar à desidratação corporal (adsorção de ceras da camada lipídica) ou à abrasão da cutícula, ou de ambas, ocorrendo rompimento da camada lipídica protetora e evaporação dos líquidos do corpo do inseto; por bioacumulação nos tecidos vegetais, formando, assim, uma camada de depósito interna aos tecidos vegetais que agride as peças bucais dos insetos que venham a pregar tecidos vegetais.

Ainda sobre os compostos silicatados, estes têm comprovada ação sobre diversos insetos-praga de sementes de milho e trigo: *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus zeamais*, *Tribolium*

castaneum e *Palorus subdepressus* (Debnath et al., 2011; Silva et al., 2013b).

2.7 Tratamento de sementes por métodos de controle físico

O controle físico de insetos-praga em sementes envolve a utilização de tecnologias que possibilitam a regulação de fatores ambientais (a temperatura, a umidade, a aeração e a incidência de fontes energéticas), desfavorecendo, assim, as pragas. Essas práticas são mais empregadas no armazenamento de sementes. Tais variações podem contribuir para o controle de insetos (dependendo da espécie-praga e do ambiente) e as mudanças podem influenciar no ciclo de vida dos insetos (Sharma et al., 2015). São necessários conhecimentos acerca da fisiologia das sementes trabalhadas para que estas não sofram a ação do tratamento físico (Yurela, 2015).

Para as temperaturas, em linhas gerais, gradações acima de 50 °C ou a menos de 5 °C podem matar ou conduzir o inseto a um estado de hibernação ou de estivação permanente, porém as faixas de controle apresentam grandes variações. No tratamento térmico, as sementes podem ser acondicionadas em local com temperatura controlada ou imersas em água quente ou gelada, resultando na morte dos insetos-praga presentes nas sementes (Wermelinger & Ferreira, 2013; Himanen et al., 2015).

Ao considerar a umidade, preferencialmente em locais de armazenamento de sementes, deve estar abaixo de 15%, para que a semente não sofra deterioração pela umidade e as espécies de insetos-praga estejam em condições abaixo das necessárias para sua sobrevivência (Sharma et al., 2015).

Para a aeração, duas frentes de trabalho são apresentadas: a primeira seria a regulação das condições de temperatura e umidade anteriormente relatadas e a segunda, a condição

de saturação do ar por gases que podem ser maléficis aos insetos, como é o caso do CO₂, que, em ambientes fechados, pode ocasionar a mortalidade dos insetos-praga presentes nas sementes (Riudavents et al., 2010).

As fontes de energia utilizadas no tratamento de sementes podem ser as mais diversas: ultravioleta (UV), luminosa, sonora, infravermelha (IV), magnetismo e gama, as quais acarretam problemas nas vias normais do metabolismo do inseto-praga e são utilizadas como maneiras de controle diferenciadas, uma vez que muitos trabalhos já atestam a sua efetividade (Sharma et al., 2015; Pietruszewski & Martínez, 2015).

2.8 Tratamento de sementes pelo uso de agentes microbianos

O controle microbiano de insetos-praga em sementes está baseado na utilização de agentes entomopatogênicos (organismo capaz de causar doenças em insetos), por meio da relação íntima, dinâmica e dependente de diversos fatores bióticos e abióticos, conhecida por patologia de insetos (Lucas, 2011).

As vantagens de tal método são as seguintes: especificidade e seletividade; fácil multiplicação, dispersão e produção; efeitos residuais e duradouros; permanência no ambiente. As desvantagens são as seguintes: pouca rapidez em seu controle e necessidade de condições ambientais favoráveis (Keyser et al., 2014).

Com respeito a esses agentes patológicos de pragas em sementes, existem poucos produtos específicos e pouca pesquisa em tal segmento, sendo, de acordo com Lucas (2011), Keyser et al. (2014) e Sharma et al. (2015), as espécies mais estudadas: a) fungos: *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* spp.; b) bactérias: *Bacillus* spp.

O tratamento de sementes com produtos à base desses microrganismos tem crescido rapidamente, principalmente pelo modo de ação desses produtos, que podem ser: a) contato ou ingestão, levando o inseto-praga de sementes a um quadro patológico (Lucas, 2011; Melo et al., 2011; Finkler, 2011; Keyser et al., 2014); b) sistêmico, fato que confere efetividade semelhante ao controle químico, ao passo que problemas na semeadura, emergência e pós-emergência têm sido controlados, sendo, neste ponto, diferenciado das demais metodologias de manejo alternativo de sementes que conferem melhor suas propriedades efetivas no contato e ingestão no momento do armazenamento (Morris & Hajek, 2014; Sharma et al., 2015).

2.9 Indução de resistência

Ao longo dos tempos, as plantas puderam desenvolver um sofisticado mecanismo de defesa e convivência contra estresses bióticos e abióticos, podendo este ser induzido ou adquirido, apresentando dependência de cada genótipo e das reações iniciadas pelos estresses causados por agentes bióticos ou abióticos. Vários metabólitos secundários são envolvidos nas interações de plantas com esses agentes, perfazendo ações de antibiose, hipersensibilidade, tolerância, entre outras (Yurela, 2015).

Para sementes, a indução de resistência contra insetos-praga tem sido ainda pouco estudada, mas trabalhos nessa área descrevem que a indução de resistência pode ser ativada tanto em nível da planta produtora das sementes ou na própria semente, como resposta a estímulos externos que não necessariamente

precisam ser sinais bioquímicos ou físicos produzidos pelos insetos-praga (Sharma et al., 2015).

Logo, o tratamento de sementes utilizando essa ferramenta pode ser realizado com a utilização de substâncias, como quitosana, polissacarídeos, metabólitos secundários vegetais, pós inertes e acondicionamento ambiental, permitindo que sejam ativadas as propriedades de defesa da planta, ou pelo método genético, ao passo que o inseto-praga, ao iniciar a predação das sementes, estas serão ativadas e, assim, poderão ativar suas defesas biológicas contra seu agente injuriante (Lucas, 2011).

Silva et al. (2013b) descrevem que sementes de milho tratadas com o pó das folhas de *Laurus nobilis* apresentam, em condições de laboratório, na ausência de *Sitophilus zeamais*, um acréscimo na sua germinação pela ação de indução de resistência, que também pode ser identificada pela ação de promoção de crescimento dos vegetais (Yurela, 2015).

2.10 Bioencapsulação

O recobrimento de sementes tem sido uma técnica empregada para possibilitar que materiais diversos (pesticidas químicos e biológicos, elementos químicos, adubos, entre outros) possam ser veiculados em sementes de maneira uniforme, estabelecendo, assim, uma melhor camada de proteção e permitindo que o produto aplicado tenha maior efetividade diante das adversidades ambientais (Finkler, 2011; Sharma et al., 2015).

Logo, este método tem sido destacado como um fator acessório que permite que os produtos anteriormente citados possam ser veiculados em sementes, mesmo que estes sejam à base de organismos vivos, que são os agentes microbianos citados antes, sendo nesse quesito a técnica, então, chamada de bioencapsulação (Finkler, 2011).

Para essa cobertura das sementes, tal método deve ser cuidadoso, respeitando as necessidades e possibilidades características das sementes e agentes de biocontrole, levando em consideração que a semente será o centro da estrutura e as camadas seguintes serão compostas do ingrediente ativo e de mais algumas camadas de material isolante. Neste aspecto, as sementes podem ser agrupadas ou até mesmo moldadas com formatos que favoreçam seu manejo (John et al., 2011).

2.11 Manejo integrado na produção de sementes

Dentro da proposta de agricultura sustentável, o manejo integrado é uma medida cabível para o controle dessas pragas. Esse método tem por filosofia o equilíbrio entre diversas metodologias de controle, aliado à monitoração dos agentes a serem controlados, e a tomada de decisões feitas de acordo com parâmetros diferenciados que levam em consideração o contexto em que o agroecossistema está inserido (Timmermann & Felix, 2015; Sharma et al., 2015).

Tal método permite, assim, a associação de vários métodos de controle de insetos-praga (Manejo Integrado de Pragas) e manejo fitotécnico/produtivo visando que a lavoura seja passível de regulação energética, haja vista que as regulações dentro do agroecossistema produtivo estejam de acordo com as necessidades cabíveis ao sistema (Wilson & Tisdell, 2001; Timmermann & Felix, 2015; Sharma et al., 2015).

Para isso, fatores diversos devem ser levados em consideração, sendo eles: a adubação e irrigação corretas; a utilização de material genético resistente; melhorias na qualidade do solo;

manejo fitossanitário correto; monitoramento de pragas e inimigos naturais. Logo, muitos problemas mesmo em campo já podem ser evitados antes que se intensifiquem com o continuar do ciclo produtivo (Finkler, 2011; John et al., 2011).

Para tanto, devem ser analisados cuidadosamente todos os parâmetros ambientais, a ecofisiologia das sementes trabalhadas, a presença e a densidade populacional de insetos-praga antes, durante e depois do armazenamento das sementes (Melo et al., 2011; Sharma et al., 2015).

2.12 Futuro dos métodos alternativos de tratamentos de sementes

Atualmente, têm-se colocado alguns pontos de estudo para as possíveis mudanças que poderão ocorrer num futuro próximo na produção agrícola. Segundo Sharma et al. (2015), tais mudanças se aplicam perfeitamente ao controle de insetos-praga em sementes e podem ser resumidas em:

- Utilização de engenharia genômica na construção de material genético resistente às pragas e permissão de melhoria genética em organismos de biocontrole para melhorar suas qualidades naturais.
- Possibilidade do uso de tecnologias de aclimação ambiental.
- Utilização de nanotecnologia, recobrimento de sementes e outras técnicas assessorias aos produtos citados anteriormente.

3 Considerações Finais

Estudos em tratamentos alternativos de sementes são uma das bases para a fomentação de uma agricultura sustentável, perfazendo, para isso, a utilização de diversas metodologias, em separado ou em conjunto, visando ao controle de insetos-praga que podem deteriorar as sementes, tendo em vista que esse processo deve ocorrer com o mínimo de impacto ao meio ambiente.

Muitas são as tecnologias disponíveis, porém diversos questionamentos ainda devem ser respondidos, como as interações entre os insetos-praga e as sementes no sentido da indução de resistência dos vegetais contra esses invasores.

Necessita-se de mais estudos na área e de maior divulgação dos resultados, para que o acesso a esse tipo de informação seja facilitado à comunidade interessada.

Referências

ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, J. F.; MELO, B. A.; GOMES, J. P.; SILVA, R. G. Extratos botânicos de *Momordica charantia* e *Capsicum baccatum* no controle do gorgulho do milho. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 8, p. 169-174, 2013.

ALUJA, M.; SIVINSKI, J.; VAN DRIESCHE, R.; ANZURES-DADDA, A.; GUILLÉN, L.. Pest management through tropical tree conservation. *Biodiversity and Conservation*, v. 23, n. 4, p. 831-853, 2014. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-014-0636-3>.

ANCHETA, J.; HEARD, S. B. Impacts of insect herbivores on rare plant populations. *Biological Conservation*, v. 144, n. 10, p. 2395-2402, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2011.06.019>.

AZEVEDO, A.; LIRA, A. S.; CUNHA, L. C.; ALMEIDA, F. A. C.; ALMEIDA, R. P. Bioatividade do óleo de nim sobre *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) em sementes de amendoim. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 3, p. 309-313, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000300011>.

BARDIN, M.; AJOUZ, S.; COMBY, M.; LOPEZ-FERBER, M.; GRAILLOT, B.; SIEGWART, M.; NICOT, P. C. Is the efficacy of biological control against plant diseases likely to be more durable than that of chemical pesticides? *Frontiers in Plant Science*, v. 6, p. 566, 2015. PMID:26284088. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2015.00566>.

BAVARESCO, A. Avaliação de tratamentos alternativos para o controle do *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 6, p. 125-133, 2007.

CHEN, H.; AKINKUROLERE, R. O.; ZHANG, H. Fumigant activity of plant essential oil from *Armoracia rusticana* (L.) on *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) and *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *African Journal of Biotechnology*, v. 10, n. 7, p. 1200-1205, 2011.

CLEMENTE, S.; MAREGGIANI, G.; BROUSSALIS, A.; MARTINO, V.; FERRARO, G. Insecticidal effects of Lamiaceae species against stored products insects. *Boletim de Sanidad Vegetal*, v. 29, p. 421426, 2003.

DEBNATH, N.; DAS, S.; SETH, D.; CHANDRA, R.; BHATTACHARYA, S. C.; GOSWAMI, E. Entomotoxic effect of silica nanoparticles against *Sitophilus oryzae* (L.). *Journal of Pest Science*, v. 84, n. 1, p. 99-105, 2011. <http://dx.doi.org/10.1007/s10340-010-0332-3>.

DU, S. S.; WANG, C. F.; LI, J.; ZHANG, H. M.; LIU, Q. Z.; LIU, Z. L.; DENG, Z. W. Antifeedant Diterpenoids against *Tribolium castaneum* from the Stems and Twigs of *Ceriops tagal* (Rhizophoraceae). *Molecules (Basel, Switzerland)*, v. 16, n. 7, p. 6060-6067, 2011. PMID:21775935. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules16070606>.

FINKLER, C. L. L. Controle de insetos: uma breve revisão. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônoma*, v. 8-9, p. 169-189, 2011.

GAHUKAR, R. T. Evaluation of plant-derived products against pest and diseases of medicinal plants: a review. *Crop Protection*, v. 42, p. 202-209, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2012.07.026>.

HIMANEN, S. H.; BUI, N. T. T.; MAJA, M. M.; HOLOPAINEN, H. J. Utilizing associational resistance for biocontrol: impacted by temperature, supported by indirect defence BMC. *Ecology*, v. 15, n. 16, p. 16, 2015. PMID:26022675.

JOHN, R. P.; TYAGI, R. D.; BRAR, S. K.; SURAMPALLI, R. Y.; PRÉVOST, D. Bio-encapsulation of microbial cells for targeted agricultural delivery. *Critical Reviews in Biotechnology*, v. 31, n. 3, p. 211-226, 2011. PMID:20879835. <http://dx.doi.org/10.3109/07388551.2010.513327>.

KEYSER, C. A.; THORUP-KRISTENSEN, K.; MEYLING, N. V. Metarhizium seed treatment mediates fungal dispersal via roots and induces infections in insects. *Fungal Ecology*, v. 11, n. 11, p. 122-131, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.funeco.2014.05.005>.

- LIMA, H. F.; BRUNO, R. L. A.; BRUNO, G. B.; BANDEIRA, I. S. A. Avaliação de produtos alternativos no controle de pragas e na qualidade fisiológica de sementes de feijão macassar armazenadas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 3, n. 1, p. 49-53, 1999. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v3n1p49-53>.
- LUCAS, J. A. Advances in plant disease and pest management. *The Journal of Agricultural Science*, v. 149, n. S1, p. 91-114, 2011. <http://dx.doi.org/10.1017/S0021859610000997>.
- MELO, B. A.; DE OLIVEIRA, S. R.; TELES, D.; BARRETO, C. F.; SILVA, H. S. Inseticidas botânicos no controle de pragas de produtos armazenados. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 6, p. 1-10, 2011.
- MELO, B. A.; MOLINA-RUGAMA, A. J.; HADDI, K.; LEITE, D. L.; OLIVEIRA, E. E. Repellency and Bioactivity of Caatinga Biome Plant Powders against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). *The Florida Entomologist*, v. 98, n. 2, p. 417-423, 2015. <http://dx.doi.org/10.1653/024.098.0204>.
- MIRANSARI, M.; SMITH, D. L. Plant hormones and seed germination. *Environmental and Experimental Botany*, v. 99, p. 110-121, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.11.005>.
- MORRIS, E. E.; HAJEK, A. E. Eat or be eaten: fungus and nematode switch off as predator and pray. *Fungal Ecology*, n. 11, p. 122-131, 2014.
- NODARI, R. O.; GUERRA, M. P. A agroecologia: estratégias de pesquisa e valores. *Estudos Avançados*, v. 83, n. 29, p. 183-207, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142015000100010>.
- PAPARELLA, S.; ARAUJO, S. S.; ROSSI, G.; WIJAYASINGHE, M.; CARBONERA, D.; BALESTRAZZI, A. Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plant Cell Reports*, v. 34, n. 8, p. 1281-1293, 2015. PMID:25812837. <http://dx.doi.org/10.1007/s00299-015-1784-y>.
- PIETRUSZEWSKI, S.; MARTÍNEZ, E. Magnetic field as a method of improving the quality of sowing material: a review. *Int. Agrophys*, v. 29, n. 3, p. 377-389, 2015. <http://dx.doi.org/10.1515/intag-2015-0044>.
- RIBEIRO, L. P.; VENDRAMIM, J. D.; ANDRADE, M. S.; BICALHO, K. U.; SILVA, M. F.; VIEIRA, P. C.; FERNANDES, J. B. Tropical Plant Extracts as Sources of Grain-Protectant Compounds Against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Neotropical*, v. 43, n. 5, p. 470-482, 2014. PMID:27193958. <http://dx.doi.org/10.1007/s13744-014-0233-x>.
- RIUDAVENTS, J. C.; CASTANE, O.; ALOMA, M. J.; PONS, R. The use of carbon dioxide at high pressure to control nine stored product pests. *Annual Review of Entomology*, v. 57, p. 405-424, 2010.
- RUSSO, S.; CABRERA, N.; CHLUDIL, H.; YABER-GRASS, M.; LEICACH, S. Insecticidal activity of young and mature leaves essential oil from *Eucalyptus globus* Labill against *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae). *Chilean Journal of Agriculture Research of Agricultural Research*, v. 75, n. 3, p. 375-379, 2015. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392015000400015>.
- SHARMA, K. K.; SINGH, U. S.; SHARMA, P.; KUMAR, A. SHARMA, L. Seed treatments for sustainable agriculture: a review. *Journal of Applied and Natural Science*, v. 7, n. 1, p. 521-539, 2015.
- SILVA, J. F.; MELO, B. A.; ALMEIDA, F. A. C.; TELES, D.; FERREIRA, T. C. Atividade inseticida de extratos vegetais contra *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens, 1831) (Coleoptera: Laemophloeidae). *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 8, p. 1-4, 2013a.
- SILVA, J. F.; MELO, B. A.; RUFINO, M. F. C.; TELES, D.; BULHOES, A. A. Resposta de *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1885 (Coleoptera: Curculionidae) frente ao extrato de *Capsicum annum* L. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 8, p. 5-8, 2013b.
- SMANIOTTO, L.; DE MOURA, N. F.; DENARDIN, R. B. N.; GARCIA, F. R. M. Bioatividade da *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. (Meliaceae) no controle de adultos de *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera, Bruchidae) em laboratório. *Biotemas*, v. 23, n. 2, p. 3135, 2010.
- STADLER, T.; BUTELER, M.; WEAVER, D. K.; SOFIE, S. Comparative toxicity of nanostructured alumina and a commercial inert dust for *Sitophilus oryzae* (L.) and *Rhyzopertha dominica* (F.) at varying humidity levels. *Journal of Stored Products Research*, v. 48, p. 81-90, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2011.09.004>.
- SZOŁYGA, B.; GNIŁKA, R. L.; SZCZEPANIK, M.; SZUMNY, A. Chemical composition and insecticidal activity of *Tuja occidentalis* and *Tanacetum vulgare* essential oils against larvae of the lesser meal worm, *Alphitobius diaperinus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, v. 151, n. 1, p. 1-10, 2014. <http://dx.doi.org/10.1111/eea.12166>.
- TIMMERMANN, C.; FELIX, G. F. Agroecology as a vehicle for contributive justice. *Agriculture and Human Values*, v. 32, n. 3, p. 523-538, 2015. <http://dx.doi.org/10.1007/s10460-014-9581-8>.
- TUDA, M.; WU, L.-H.; YAMADA, N.; WANG, C.-P.; WU, W.-J.; BURANAPANICHPAN, S.; KAGOSHIMA, K.; CHEN, Z.-Q.; TERAMOTO, K. K.; KUMASHIRO, B. R.; HEU, R. Host shift capability of a specialist seed predator of an invasive plant: roles of completion, population genetics and plant chemistry. *Biological Invasions*, n. 16, p. 303-313, 2014. <http://dx.doi.org/10.1007/s10530-013-0519-7>.
- VALDÉS, R.; POZO, E.; MOYA, A.; CARDENAS, M. Efecto de 7 especies de plantas sobre *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann). *Centro Agrícola*, v. 37, n. 4, p. 83-88, 2010.
- WANG, H. H.; WANG, Y.; DELGADO, M. S. The transition modern agriculture: contract farming in developing economies. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 96, n. 5, p. 1257-1271, 2014. <http://dx.doi.org/10.1093/ajae/aau036>.
- WERMELINGER, E. D.; FERREIRA, A. P. Métodos de controle de insetos vetores: um estudo das classificações. *Rev Pan-Amaz Saude*, v. 4, n. 3, p. 49-54, 2013. <http://dx.doi.org/10.5123/S2176-62232013000300007>.
- WILSON, C.; TISDELL, C. Why farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainability costs. *Ecological Economics*, v. 39, n. 3, p. 449-462, 2001. [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00238-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00238-5).
- YUELA, I. Plant development regulation: overview and perspectives. *Journal of Plant Physiology*, v. 182, p. 62-78, 2015. PMID:26056993. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2015.05.006>.

Contribuição dos autores: Os autores trabalharam conjuntamente na produção, diagramação e correções deste manuscrito.

Agradecimentos: CNPq e CAPES.

Fonte de financiamento: FCA/UNESP.

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.