



Revista
Técnico-Científica



RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS A HERBICIDAS E CONTROLE ALTERNATIVO: UMA REVISÃO

José Roberto Chaves Neto^{1,3*}, Luciana Luft², Tássia Carla Confortin^{1,3}, Izelmar Todero¹; Marcio Antônio Mazutti², Giovani Leone Zabot³, Marcus Vinicius Tres³

¹Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, campus Santa Maria, Av. Roraima, 1000, Prédio 42 – 1º andar, Cep: 97.105-900, Camobi, Santa Maria, RS, Brasil.

²Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Maria, campus Santa Maria, Av. Roraima, 1000, Prédio 9B, Cep: 97.105-900, Camobi, Santa Maria, RS, Brasil.

³Laboratório de Engenharia de Processos Agroindustriais, Universidade Federal de Santa Maria, campus Cachoeira do Sul, Rua Sete de Setembro, 1040, Cep: 96508-010, Centro, Cachoeira do Sul, RS, Brasil. *E-mail autor para correspondência: jose.chavesneto@gmail.com

RESUMO: O manejo de plantas daninhas é um dos grandes desafios da maioria dos campos cultivados, visto que quando presentes em agroecossistemas competem com as culturas agrícolas, reduzindo a produtividade e a qualidade dos produtos colhidos. A presente revisão teve como objetivo apresentar uma discussão crítica e construtiva sobre os achados na literatura que descrevem a ocorrência de resistência por parte de algumas espécies de plantas daninhas aos herbicidas, além de apresentar novas alternativas para o controle de plantas daninhas. Também foram abordadas as principais características do controle biológico com base na utilização de metabólitos secundários provenientes de fungos e a eficácia deste controle alternativo na agricultura. Diversas pesquisas demonstraram a eficácia dos metabólitos secundários provenientes de extratos de plantas e de fungos endofíticos no controle biológico de plantas daninhas. Outros estudos têm avaliado o aumento de escala por fermentação submersa em biorreator para produção de metabólitos secundários por fungos e também a concentração destes por membranas para o aumento da atividade bioherbicida destes metabólitos. Dessa forma, a utilização dos metabólitos secundários presentes em extratos de plantas e em caldo fermentado de fungos é uma alternativa eficaz para o controle de plantas daninhas. No entanto, a partir da revisão de literatura, percebe-se a necessidade de mais estudos relacionados ao desenvolvimento, aplicação e viabilidade dos herbicidas biológicos para o controle de plantas daninhas, visto que a eficácia é o principal fator que limita a aplicação dos bioherbicidas.

Palavras-chave: Controle químico, Resistência, Controle alternativo, Metabólitos secundários.

RESISTANCE OF WEEDS TO HERBICIDES AND CONTROL ALTERNATIVES: A REVIEW

ABSTRACT: Weed management is one of the major challenges of most cultivated fields, as when present in agroecosystems they compete with agricultural crops, reducing the yield and quality of harvested produce. The present review aimed to present a critical and constructive discussion of the findings in the literature describing the occurrence of resistance by some weed species to herbicides, as well as to present new alternatives for weed control. The main characteristics of biological control based on the use of fungal secondary metabolites and the effectiveness of this alternative control in agriculture were also addressed. Several studies have shown the efficacy of secondary metabolites from plant extracts and endophytic fungi in biological weed control. Other studies have evaluated the scaling up by submerged fermentation in bioreactor to produce secondary fungal metabolites and also their membrane concentration to increase the bioherbicidal activity of these metabolites. Thus, the use of secondary metabolites present in plant extracts and fermented broth is an effective alternative for weed control. However, from the literature review, we realize the need for further studies related to the development, application and viability of biological herbicides for weed control, since efficacy is the main factor limiting the application of bioherbicides.

Keywords: Chemical control, Resistance, Alternative control, Secondary metabolites.

INTRODUÇÃO

A infestação por plantas daninhas são indiscutivelmente um dos principais e mais difíceis problemas fitossanitários de serem controladas nas áreas agrícolas. Se não controladas, podem gerar diversos impactos negativos sobre as culturas, como redução no rendimento e na qualidade dos produtos colhidos, resultando em prejuízos que podem chegar a altos níveis de perdas da lavoura (PENARIOL et al., 2008).

Dentre as medidas de controle, o químico é amplamente utilizado na agricultura. Um ponto crucial nesta medida de controle é que seu uso indiscriminado e excessivo vem gerando crescente resistência de pragas, microrganismos fitopatogênicos e plantas daninhas aos produtos sintéticos, o que ocasiona maior dependência de insumos químicos por parte de produtores, resultado de uma visão equivocada do processo agrícola (KIM et al., 2003).

Diversas espécies de plantas daninhas apresentam variações de sensibilidade aos herbicidas, fato que independe do histórico de aplicações. Tendo em vista que o limitado número de herbicidas alternativos disponíveis para controle de biótipos resistentes é restrito e o desenvolvimento de novas moléculas está cada vez mais

difícil e oneroso, a resistência das plantas daninhas a herbicidas torna-se um dos grandes desafios para a agricultura mundial (RIAR et al., 2013; MATZRAFI et al., 2015).

A dificuldade de controlar as plantas daninhas pelo método químico e devido ao aparecimento de populações de biótipos resistentes aos herbicidas, assim havendo a necessidade da utilização de um manejo integrado, que consiste na combinação de múltiplas práticas de controle associadas, como aumento da intensidade de manejo do solo, uso rotineiro da rotação de culturas, adoção de técnicas culturais apropriadas e também a seleção de novos tipos de agentes de controle mais seletivos e menos agressivos ao homem e ao ambiente (RASSAEIFAR et al., 2013).

A exploração da atividade biológica de compostos presentes em extratos de plantas ou em caldos fermentados de microrganismos vem tornando-se uma medida alternativa para o controle de plantas daninhas, caracterizando o chamado controle biológico (HINZ et al., 2014). Esta medida de controle apresenta elevado potencial ecológico para substituir o emprego dos herbicidas sintéticos por meio da utilização de metabólitos secundários de extratos de plantas e de microrganismos (RASSAEIFAR et al., 2013, BRUN et al., 2016; BUNKOED et al., 2017).

Diante disso, esta revisão teve como objetivo apresentar uma discussão crítica e construtiva sobre os achados na literatura que descrevem a ocorrência de resistência por parte de algumas espécies de plantas daninhas aos herbicidas, além de apresentar novas alternativas para o controle de plantas daninhas.

DESENVOLVIMENTO

PLANTAS DANINHAS NA AGRICULTURA

a infestação de plantas daninhas é um dos mais importantes fatores que trazem prejuízo aos campos de cultivo, interferindo na qualidade dos produtos agrícolas e principalmente na produtividade, podendo reduzir a produção por área drasticamente, resultando em danos que podem ocasionar à perda total da lavoura, ocasionando elevados prejuízos econômicos (FONTES et al., 2003).

As plantas daninhas apresentam capacidade de germinar, desenvolver-se e reproduzir-se em condições adversas (déficit hídrico, salinidade, solos ácidos ou

alcalinos e temperaturas pouco propícias), apresentando maior capacidade de competição com as culturas agrícolas (SURIYAGODA et al. 2014). Assim, o uso de herbicidas sintéticos tornou-se uma prática muito comum para o controle de plantas daninhas.

A tiririca (*Cyperus rotundus*) é uma planta originária da Índia, encontrada nos solos cultivados da região tropical, infesta cerca de 52 importantes culturas em 92 países (HOLM et al., 1977). Esta planta cresce nas mais diversas condições edafoclimáticas, com maior relato mundial de ocorrência como planta daninha, só não ocorre nas regiões com baixas temperaturas ou alagadas. A tiririca é considerada uma das mais importante planta daninha no mundo, devido a sua ampla distribuição, capacidade de competição e agressividade, bem como à dificuldade de controle e erradicação (KISSMANN, 1997).

A buva (*Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis*) é uma espécie nativa das Américas e já é encontrada em vários países da África, Ásia-Pacífico e Europa. Esta espécie é considerada na agricultura moderna como uma das mais problemáticas, nocivas e invasivas plantas daninhas dos sistemas de cultivo. Apresenta características biológicas que lhe permite invadir e se adaptar nas mais variadas condições ambientais, em função de seu eficiente mecanismo de dispersão de sementes, espalhando-se rapidamente nos campos de produção (BAJWA et al., 2016; SANSOM et al., 2013).

Tabela 1 - Principais plantas daninhas de importância global.

Nome científico	Nome comum	Cultura afetada
<i>Conyza bonariensis</i> <i>Conyza canadensis</i>	Buva ou voadeira	Soja, Algodão e Milho
<i>Amaranthus retroflexus</i>	Caruru	Arroz, Milho e Soja
<i>Echinochloa</i> sp.	Capim-arroz	Arroz
<i>Cyperus rotundus</i>	Tiririca	Arroz e Milho
<i>Ipomoea</i> sp	Corda-de-viola	Arroz
<i>Brachiaria plantaginea</i>	Papuã	Arroz
<i>Euphorbia heterophylla</i>	Leiteira	Arroz
<i>Bidens pilosa</i>	Picão-preto	Arroz, Milho e Soja

Fontes: Sousa et al. (2011), Pannacci et al. (2015) e Giraldeli et al. (2018).

Dentre as espécies do gênero *Amaranthus* encontradas com maior frequência infestando as áreas agrícolas, as mais comuns são caruru-rasteiro (*Amaranthus deflexus*), caruru-roxo (*Amaranthus hybridus*), caruru-gigante (*Amaranthus*

retroflexus), caruru-de-espinho (*Amaranthus spinosus*) e caruru-demancha (*Amaranthus viridis*). A alta produção e viabilidade de sementes (até 500.000 em plantas de grande porte) destas espécies e a germinação relativamente rápida agrava os danos causados pela competição destas espécies com as culturas agrícolas (RASSAEIFAR et al., 2013).

O capim-arroz (*Echinochloa crus-galli*) é uma planta daninha originária da Europa e da Índia. Esta espécie é amplamente distribuída em todo o mundo e considerada um grave problema em 42 países, sendo que já foi encontrada em pelo menos 27 países (BUNKOED et al., 2017). Esta espécie afeta cerca de 36 culturas agrícolas em todo o mundo. Na região Sul do Brasil é a principal planta daninha da cultura de arroz.

RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS A HERBICIDAS

A resistência de plantas daninhas a herbicidas é definida como a capacidade adquirida que alguns biótipos de uma determinada população de plantas em sobreviver à aplicação de uma determinada dose de um herbicida, em condições normais, mesmo sendo letal para os demais biótipos desta mesma população. O fenômeno de resistência pode ocorrer naturalmente (seleção) ou pode ser induzida com o uso repetido de uma molécula herbicida. Isto pode ocasionar a seleção de biótipos resistentes de plantas daninhas preexistentes na população, elevando o seu número (OLIVEIRA et al., 2011).

De acordo com Lazaroto et al. (2008), existe grande dificuldade em controlar quimicamente a planta daninha buva (*C. canadenses* e *C. bonariensis*) devido ao aparecimento de populações de biótipos resistentes a diferentes moléculas químicas. Desse modo, faz-se necessário a combinação de diferentes práticas de manejo, como aumento da intensidade de manejo do solo, uso rotineiro da rotação de culturas e adoção de técnicas culturais apropriadas.

A resistência de plantas daninhas a herbicidas é definida como a capacidade adquirida que alguns biótipos de uma determinada população de plantas em sobreviver à aplicação de uma determinada dose de um herbicida, em condições normais, mesmo sendo letal para os demais biótipos desta mesma população. O fenômeno de resistência pode ocorrer naturalmente (seleção) ou pode ser induzida

com o uso repetido de uma molécula herbicida. Isto pode ocasionar a seleção de biótipos resistentes de plantas daninhas preexistentes na população, elevando o seu número (OLIVEIRA et al., 2011).

Segundo Giraldeli et al. (2018), até 2018 existiam 48 casos de resistência de plantas daninhas a herbicidas registrados no Brasil. Na grande maioria destes casos de resistência estavam relacionados a espécies eudicotiledôneas como a buva (*Conyza sumatrensis*, *C. bonariensis*), o picão-preto (*Bidens pilosa*, *B. subalternans*), o caruru-roxo (*Amaranthus palmeri*, *A. retroflexus*) e a leiteira (*Euphorbia heterophylla*) (HEAP, 2018).

Várias espécies de *Echinochloa* têm apresentado resistência a herbicidas químicos de ação local (RIAR et al., 2013), o que tem aumentando ainda mais os danos sobre a cultura do arroz. Para as duas espécies de buva (*Conyza bonariensis* e *Conyza canadenses*) também vêm sendo observado resistência múltipla a alguns herbicidas químicos, dentre eles glifosato e paraquat, nos sistemas de cultivo nos EUA, na Europa e em alguns países asiáticos (MATZRAFI et al., 2015).

Além da resistência por parte de algumas espécies de plantas daninhas, os efeitos danosos causados pelo uso indiscriminado dos herbicidas químicos que resulta em múltiplos efeitos tóxicos ao homem, a ecologia e o meio ambiente, vêm gerando extensa discussão (CHOU et al., 2010). Uma alternativa é o desenvolvimento de herbicidas naturais para substituir os herbicidas sintéticos, tornando-se um assunto relevante e de interesse para a agricultura sustentável (RASSAEIFAR et al., 2013, BUNKOED et al., 2017).

MEDIDAS ALTERNATIVAS DE CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

Há uma necessidade urgente de encontrar métodos alternativos, que sejam ambientalmente seguros e biodegradáveis na natureza. Também, a seleção de agentes de controle específicos quanto ao organismo alvo, com vários sítios de ação de modo a evitar a resistência por parte das plantas daninhas (BAJWA et al., 2016). A utilização de metabólitos secundários provenientes de extratos de plantas ou de caldo fermentado de microrganismos são amplamente utilizados nas indústrias farmacêutica, sanitária, cosmética, agrícola e alimentícia (BAQUE et al., 2012).

De acordo com Singh et al. (2019), muitos grupos de pesquisas têm desenvolvido estudos com o objetivo de estabelecer estratégias alternativas baseadas no uso de metabólitos secundários. Os extratos de plantas, mais especificamente os óleos essenciais, são amplamente utilizados em diversas áreas da indústria. No meio agrícola estes compostos são empregados no controle biológico, por apresentarem elevado potencial para o controle de insetos pragas, plantas daninhas e fungos fitopatogênicos como bactericidas, viricidas, fungicidas e inseticidas (XIAO et al., 2014). Em plantas daninhas estes compostos chegam a inibir até 100% da germinação ou até mesmo ocasionar a necrose e morte de plantas jovens. Estes efeitos variam de acordo com o organismo vivo biosintetizador dos metabólitos secundários e também de acordo com a espécie da planta daninha (BAILEY et al., 2011a; BAILEY et al., 2011b; BRUN et al., 2016; HUBBARD et al., 2014; PES et al., 2016; TODERO et al., 2018).

Mesmo com os resultados promissores no controle biológico de plantas daninhas com a utilização dos metabólitos secundários produzidos por plantas medicinais e microrganismos, até o ano de 2016, de acordo com Cordeau et al. (2016), existiam disponíveis no mercado apenas treze bioherbicidas (Tabela 2). Destes treze, nove foram desenvolvidos a partir metabólitos produzidos por fungos, três por bactérias e um por extrato de planta.

Tabela 2 - Bioherbicidas produzidos a partir de metabólitos secundários produzidos por microrganismos e plantas medicinais para o controle de plantas daninhas.

Bioherbicida	Ingrediente Ativo	Planta daninha alvo
Devine	<i>Phytophthora palmivora</i>	<i>Morrenia odorata</i>
Collego	<i>Colletotrichum gloeosporioides sp.</i>	<i>Aeschynomene virginica</i>
BioMal	<i>Colletotrichum gloeosporioides f. sp.</i>	<i>Malva pusilla</i>
Woad Warrior	<i>Puccinia thlaspeos C. Shub</i>	<i>Isatis tinctoria</i>
Myco-tech	<i>Chondrostereum pur pureum</i>	<i>Prunus Serotine Populus</i>
Chontrol	<i>Chondrostereum pur pureum</i>	<i>Prunus Serotine Populus</i>
Smolder	<i>Alternaria destruens</i>	Espécies de <i>Cuscuta spp</i>
Sarritor	<i>Sclerotinia minor</i>	Dandelion (<i>Taraxacum spp.</i>)
<i>Phoma</i>	<i>Phoma macrostoma</i>	Espécies de ervas daninhas de folhas largas
Camperico	<i>Xanthomonas campestris</i>	<i>Poa annua</i>
Beloukha	Derivado do óleo de canola	Não encontrado
Katoun	Derivado do óleo de canola	Dessecante de plantas daninhas

Fonte: Adaptado de Toderó (2017).

METABÓLITOS SECUNDÁRIOS NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

A alelopatia é um método alternativo para o controle de plantas daninhas, sendo considerada um processo natural que pode causar efeitos prejudiciais ou benéficos diretos ou indiretos. Diversas substâncias fitotóxicas foram isoladas em todos os tecidos vegetais, incluindo folhas, caules, flores, raízes e sementes. Estas substâncias são conhecidas como aleloquímicos, que são geralmente metabólitos vegetais secundários ou resíduos de compostos das principais vias metabólicas das plantas (MUHAMMAD; MOHSIN et al., 2016).

Diversos estudos demonstraram o efeito fitotóxico de compostos secundários presentes em óleos essenciais extraídos de diferentes espécies de plantas aromáticas e medicinais (*T. articulata*, *S. aromaticum*, *C. plicata* ecótipo, *C. citratus*, *Rosmarinus*

officinalis L.) sobre a germinação e crescimento de diferentes plantas daninhas (*Sinapis arvensis* L. e *Phalaris canariensis* L., *E. crusgalli*, *Amaranthus retroflexus*, *Avena fatua*, *Bromus secalinus* e *Centaurea cyanus*, *Lactuca serriola* L. e *Rhaphanus sativus* L.) (OLIVEIRA et al., 2016; MARCZEWSKA-KOLASA et al., 2017; SYNOWIEC et al., 2017).

A planta *Helianthus annuus* L. (girassol) é considerada uma espécie potencialmente alelopática, que possui vários compostos bioativos. Em sua maioria, são os compostos fenólicos, flavonóides e terpenóides, os quais apresentam atividade alelopática contra outras plantas. (MUHAMMAD; MAJEED, 2014). Com o objetivo de avaliar os efeitos dos extratos da raiz e folhas de girassol, foram investigadas a germinação e crescimento de plântulas de trigo (*Triticum aestivum* L.) e milho (*Zea mays* L.) em experimentos de bioensaio de sementes realizados no Departamento de Botânica da Universidade de Peshawar. Os resultados mostraram efeitos inibitórios significativos na germinação de sementes, crescimento e biomassa seca de mudas de trigo e milho (MUHAMMAD; MAJEED, 2014).

Avaliando os efeitos alelopáticos da aplicação de extratos das folhas das espécies vegetais crotalária (*Crotalária juncea*), eucalipto (*Eucaliptus camaldulensis*), nim (*Azadirachta indica*), guaco (*Mikania laevigata*) e mamona (*Ricinus communis*), sobre a germinação das plantas daninhas, capim amargoso (*Digitaria insularis*), capim braquiária (*Brachiaria decumbens*) e tubérculos de tiririca (*Cyperus rotundus*), Sousa et al. (2011), constataram no teste de germinação, que nenhum dos extratos testados mostrou-se eficaz no controle da tiririca.

A aveia (*Avena sativa*) sintetiza diversos compostos secundários, dentre eles os ácidos fenólicos ferúlico. Com base nisso, Hagemann et al. (2010) avaliaram o efeito bioherbicida de extratos aquosos de cinco cultivares de aveia branca (*Avena sativa* L.) e quatro de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb), em diferentes concentrações, sobre a germinação e o desenvolvimento das plântulas das espécies infestantes azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla* L.). Os extratos aquosos das cultivares de aveia branca e preta inibiram o potencial alelopático sobre a germinação e o desenvolvimento das plantas daninhas testadas.

Explorando o potencial bioherbicida do óleo essencial de *Eucalyptus tereticornis* contra uma das principais plantas daninhas do arroz (*Oryza sativa* L.), *Echinochloa crus-galli* L., Vishwakarma e Mittal (2014), constataram que o óleo essencial de *E. tereticornis* suprimiu o crescimento e afetou a fisiologia da planta daninha testada, afetam a germinação de sementes e o desenvolvimento de plântulas e diminuiu em 80% o teor de clorofila das plântulas de *E. crus galli*.

Pannacci et al. (2015) mostraram que o extrato de biomassa aérea da *Artemisia vulgaris* L. reduziu a germinação de sementes de *Lolium multiflorum* quando aplicado como bioherbicida em pré-emergência e em pós-emergência tanto em casa de vegetação como em experimentos de campo. Os mesmos autores observaram que este bioherbicida também pode inibir a germinação de sementes de *Amaranthus retroflexus* L., sem inibição na germinação de sementes de culturas de campo (trigo, milho e colza) e culturas hortícolas (tomate, cebola, cenoura e alface).

Ahmed et al. (2016) estudaram a potencialidade alelopática do pó de semente de *Eruca sativa* e *Raphanus* (RSSP) sobre o crescimento das plantas daninhas capim-arroz (*Echinochloa crus-galli*) e malva (*Corchorus olitorius*) associadas a cultura do girassol (*Helianthus annuus*). Os resultados indicam que a utilização da atividade alelopática presente em pó sementes de algumas plantas do gênero *Brassicaceae* (*Eruca sativa*, *Raphanus sativus* e *Brassica rapa*) é um bioherbicida seletivo para controle de plantas daninhas anuais e perenes.

Ahmed et al. (2018), estudando a potencialidade alelopática do pó de semente de rabanete (*Raphanus sativus*) no crescimento de plantas daninhas (*Corchorus olitorius*, *Abelmoschus esculentus* e *Portulaca oleracea*) associadas a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*), constataram que houve redução significativa no peso seco das três plantas daninhas quando comparado com o controle não tratado, atingindo efeitos fitotóxicos de 100%. Estes resultados indicam claramente a possibilidade de usar atividade alelopática do pó de sementes *R. sativus* como bioherbicida seletivo para controlar plantas daninhas anuais.

O efeito bioherbicida dos metabólitos secundários presentes nos extratos metanólicos de folhas e cascas de *Ficus bengalensis* sobre a planta daninhas *Ipomoea pentaphylla* foi desenvolvido por Muhammad et al. (2018). Estes autores constataram que os extratos metanólicos das folhas de *F. bengalensis* apresentaram

efeito inibitório sobre a germinação de sementes, no comprimento da parte aérea e da raiz de *I. pentaphylla*, e que este efeito foi diretamente proporcional à concentração aplicada.

Rocha et al. (2018) desenvolveram uma pesquisa com o objetivo de avaliar a atividade alelopática de extratos aquosos de raízes de *Solanum paniculatum* L., popularmente conhecida como jurubeba verdadeira, na germinação e no crescimento inicial de alface (*Lactuca sativa* L.). Constataram que o extrato macerado apresentou atividade alelopática inibitória sobre o processo de germinação e crescimento de alface.

Khare et al. (2019), com objetivo de explorar a atividade bioherbicida de emulsões de óleos essenciais extraídos de folhas de plantas aromáticas e medicinais, avaliaram óleo essencial das espécies de plantas *Eucalyptus citriodora* Hook, *Ocimum basilicum* L. e *Mentha arvensis* L. Foi realizado um experimento em casa de vegetação, onde foram pulverizados os três óleos essenciais em diferentes concentrações (50, 75 e 100 µL/mL) sobre três espécies de plantas daninhas (*A. arvensis*, *C. rotundus* e *C. dactylon*). Os resultados mostraram que a pulverização dos óleos essenciais reduziu o crescimento das plantas daninhas, o comprimento das raízes e da parte aérea, causaram a perturbação na integridade da membrana e geraram estresse oxidativo para a planta daninha. O dano visível foi mais distinto quando se aplicou a emulsão de óleos de *M. arvensis* do que dos demais. A fitotoxicidade foi mais proeminente em *A. arvensis* seguida por *C. dactylon* e *C. rotundus*.

Devido à existência de poucos relatos sobre o potencial fitotóxico de espécies agrofloretais e frutíferas, Perveen et al. (2019) desenvolveram um estudo com o objetivo de avaliar o efeito fitotóxico do extrato de espécies agrofloresta e fruteiras (*Moringa oleifera*, *Morus alba*, *Mangifera indica*, *Albizia lebbeck*, *Albizia procera*, *Delonix regia*, *Ziziphus jujube*, *Ziziphus mauritiana*) contra a planta daninha *Lepidium sativum*. A aplicação em pré-emergência dos extratos de todas as espécies de plantas atrasou a germinação e reduziu o crescimento da parte aérea, da radícula e do peso seco de plântulas de *L. sativum*. Estes resultados sugerem que a ação fitotóxica do extrato das folhas destas espécies pode estar relacionada à presença de

aleloquímicos fenólicos, que por sua vez podem ser explorados mais diretamente para o desenvolvimento de bioherbicidas.

METABÓLITOS SECUNDÁRIOS PROVENIENTES DE MEIOS FERMENTADOS DE FUNGOS PARA O CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

O uso de produtos naturais, como metabólitos secundários presentes em extratos e agentes biológicos naturais como fungos e bactérias para o controle de plantas daninhas está se tornando uma medida eficaz. Porém, necessita ser mais investigada para aumentar a eficácia do controle das plantas daninhas também nas culturas menores e cultivadas em horticultura integrada e orgânica (CAI; GU, 2016).

O grupo dos fungos apresentam uma grande diversidade e capacidade de produzirem substâncias tóxicas, sendo considerado um grupo em potencial para o controle de plantas daninhas. Cerca de 69000 espécies e gêneros já foram descritos, porém um pequeno número de espécies foi avaliado quanto ao seu potencial para produção de metabólitos secundários com atividade bioherbicida (RAI et al., 2009; SINGH; PANDEY, 2019).

A maioria das espécies de fungos já identificadas como potencial bioherbicidas pertence à classe *Deuteromycetes*. Dentre as espécies, os principais gêneros utilizados como bioherbicidas são *Colletotrichum*, *Alternaria*, *Septoria*, *Phomopsis*, *Phoma*, *Phaeoseptoria* e *Ascochyta*. Portanto, o potencial fitotóxico dos metabólitos secundários produzidos por fungos associados ao controle de plantas daninhas tem atraído a atenção de um grande número de pesquisadores em todo o mundo nos últimos anos (BRUN et al., 2016; EVIDENTE et al., 2016; TODERO et al., 2018a,b, 2019).

Pes et al. (2016) avaliando a eficácia da aplicação de um bioherbicida à base de metabólitos secundários provenientes do caldo fermentado do fungo *Diaporthe* sp. no controle de plantas daninhas. Estes autores constataram que as biomoléculas produzidas por este fungo são promissoras para o desenvolvimento de um herbicida natural, visto que a aplicação destes metabólitos secundários contribui para redução no peso da massa seca da parte aérea de plantas das plantas daninhas *Conyza* sp. e *Echinochloa* sp.

Brun et al. (2016) e Klaic et al. (2017), desenvolveram um estudo com objetivo de produzir um bioherbicida com base nos metabólitos secundários provenientes da fermentação submersa em biorreator e fermentação em estado sólido, respectivamente, do fungo *Phoma* sp. e avaliar o potencial herbicida na planta bioindicadora pepino (*C. sativus* L.). Ambos os autores constataram que os metabólitos produzidos pelo fungo *Phoma* sp. apresentaram fitotoxicidade sobre a planta alvo: *C. sativus*. Assim, os metabólitos secundários produzidos pelo fungo *Phoma* sp. podem ser uma alternativa futura para formulação um bioherbicida destinado ao controle de plantas daninhas.

Em estudo posterior também utilizando os metabólitos secundários presentes no caldo fermentado do fungo *Phoma* sp., Todero et al. (2018b) desenvolveram um experimento com o objetivo de aumentar a atividade bioherbicida destes metabólitos por meio da concentração por membranas. Para isso, os metabólitos secundários presentes no caldo fermentado do *Phoma* sp. foram concentrados por membranas de microfiltração de fibra oca. Este estudo mostrou que a fração retida pode inibir a germinação das plantas *Bidens pilosa* e *Amaranthus retroflexus*, obtendo um controle de 100% de inibição. Para os ensaios em substrato em casa de vegetação, a taxa de controle de *A. retroflexus* foi dependente da concentração de bioherbicida.

Outros estudos estão sendo desenvolvidos para investigar a possibilidade de desenvolver este bioherbicida como uma ferramenta de controle de plantas daninhas em pré e pós-emergência. Todero et al. (2018a) e Todero et al. (2019) evidenciaram que a concentração de metabólitos secundários produzidos por fermentação de fungos propicia aumento da atividade bioherbicida. Isto é uma alternativa para desenvolver novos estudos para avaliar esta tecnologia na concentração de outros metabólitos que também apresentem atividade bioherbicida.

CONCLUSÕES

As plantas daninhas representam um dos principais problemas que afetam o rendimento e a produtividade agrícola. Nos últimos anos o manejo destas plantas exige a inserção de novas tecnologias alternativas e eficientes devido aos riscos associados ao controle químico como a poluição ambiental e a resistência desenvolvida por diversas espécies de plantas daninhas às substâncias químicas

disponíveis no mercado. A utilização dos metabólitos secundários presentes em extratos de plantas e em caldo fermentado de fungos é uma alternativa eficaz para o controle de plantas daninhas, pois pode inibir a germinação ou mesmo reduzir o crescimento destas plantas em áreas agrícolas, além disso diminui os impactos ambientais negativos gerados pelo uso dos herbicidas sintéticos. Em geral, se percebe a necessidade de mais estudos relacionados ao desenvolvimento, aplicabilidade e viabilidade dos herbicidas biológicos para o controle de plantas daninhas. Por fim, torna-se necessário, também, a adequação de novas tecnologias para a formulação, estabilidade e manutenção da ação fitotóxica dos bioherbicidas produzidos, visto que a eficácia, umidade, método de aplicação, e o espectro de ação são os principais fatores que limitam a aplicação dos bioherbicidas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro e pela bolsa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- AHMED, S. A. A.; EL-MASRY, R. R.; MESSIHA, N. K.; EL-ROKIEK, K. G. Evaluating the allelopathic efficiency of the seed powder of *Raphanus sativus* L. in controlling some weeds associating *Phaseolus vulgaris*. **International Journal of Environmental Research**, v. 7, n. 3, p. 87-94, 2018.
- AHMED, S. A. A.; MESSIHA, N. K.; EL-ROKIEK, K. G.; SANAA, A. Biological and Chemical Sciences The allelopathic efficiency of two Brassicaceae plant seeds in controlling weeds associating sunflower plants. **Research Journal of Pharmaceutical**, v. 7, n. 5, p. 157-165, 2016.
- ASHRAFI, Z. Y.; SADEGHI, S.; MASHHADI H. R.; HASSAN, M. A. Allelopathic effects of sunflower (*Helianthus annuus*) on germination and growth of wild barley (*Hordeum spontaneum*). **Journal of Agricultural Technology**, v. 4, n. 1, p. 219-229, 2008. DOI:
- BAILEY, K. L.; PITT, W. M.; FALK, S.; DERBY, J. The effects of *Phoma macrostoma* on nontarget plant and target weed species. **Biological Control**, v. 58, n. 3, p. 379-386, 2011a. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.06.001>
- BAILEY, K. L.; PITT, W. M.; LEGGETT, F.; SHEEDY, C.; DERBY, J. Determining the infection process of *Phoma macrostoma* that leads to bioherbicidal activity on

broadleaved weeds. **Biological Control**, 59, 2, 268-276, 2011b. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.06.019>

BAJWA, A. A.; SADIA S.; ALI, H. H.; JABRAN, K.; PEERZADA, A. M.; CHAUHAN, B. S. Biology and management of two important *Conyza* weeds: a global review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 24, p. 24694-24710, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7794-7>

BAQUE, M. A.; MHO, S. H.; LEE, E. J.; ZHONG, J. J.; PAEK, K. Y. Production of biomass and useful compounds from adventitious roots of high-value added medicinal plants using bioreactor. **Biotechnology Advances**, v. 30, n. 1, p. 1255-1267, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.11.004>

BRUN, T.; RABUSKE, J. E.; TODERO, I.; ALMEIDA, T. C.; JUNIOR J. J. D.; ARIOTTI, G.; CONFORTIN, T.; ARNEMANN, J. A.; KUHN, R. C.; GUEDES, J. V. C.; MAZUTTI, M. A. Production of bioherbicide by *Phoma* sp. in a stirred-tank bioreactor. **3 Biotech**, v. 6, n. 2, p. 230-239, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s13205-016-0557-9>

BUNKOED, W.; WICHITTRAKARN, P.; LAOSINWATTANA C. Allelopathic Potential of Essential Oil from Bottle Brush (*Callistemon lanceolatus* DC.) on The Germination and Growth of *Echinochloa crus-gall* L. **International Journal of Agricultural Technology**, v. 13, n. 7.3, p. 2693-2701, 2017.

CAI, X.; GU, M. Bioherbicides in organic horticulture. **Horticulturae**, v. 2, n. 3, p. 1-10, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/horticulturae2020003>

CHOU, C. H. Role of allelopathy in sustainable agriculture: Use of allelochemicals as naturally occurring bio-agrochemicals. **Allelopathy Journal**, v. 25, n. 1, p. 3-16, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1080/07352689991309414>

CIMMINO, A.; ANDOLFI, A.; ZONNO, M.; AVOLIO, F.; SANTINI, A.; TUZI, A.; BERESTETSKYI, A.; VURRO, M.; EVIDENTE, A. Chenopodolans A–C: phytotoxic furofuran produced by *Phoma chenopodiicola*, a fungal pathogen of *Chenopodium album*. **Phytochemistry**, v. 96, n. 1, p. 208-213, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.phytochem.2013.10.007>

CORDEAU, S.; TRIOLET, M.; WAYMAN, S.; STEINBERG, C.; GUILLEMIN, J.-P. Bioherbicides: Dead in the water? A review of the existing products for integrated weed management. **Crop Protection**, v. 87, n. 1, p. 44-49, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2016.04.016>

EVIDENTE, A.; CIMMINO, A.; ZONNO, M. C.; MAIS, M.; BERESTETSKYI, A.; SANTORO, E.; SUPERCHI, S.; VURRO, M.; EVIDENTE, A. Phytotoxins produced by *Phoma chenopodiicola*, a fungal pathogen of *Chenopodium album*. **Phytochemistry**, v. 117, n. 1, p. 482-488, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2015.07.008>
FAY, P. K.; DUKE, W. B. An assessment of allelopathic potential in *Avena* germplasm. **Weed Science**, v. 5, n. 3, p. 224-228, 1977. DOI:

<https://doi.org/10.1017/S0043174500033348> FONTES, J. R. A. **Manejo Integrado de Plantas Daninhas**. Documentos 113. Planaltina. 2003.

GIRALDELI, A. L.; SILVA, A. F. M.; BRITO, F. C.; PAGENOTTO, A. C. V.; ARAÚJO, L. S.; VICTORIA FILHO, R. Manejo de plantas daninhas eudicotiledôneas na entressafra. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 7, n. 1, p. 205-212, 2018.

GUENZL, W. D.; MCCALLA, T. M.; NORSTADT, F. A. Presence and persistence of phytotoxic substances in wheat, oat, corn, and sorghum residues. **Agronomy Journal**, v. 59, n. 2, p. 163-165, 1967. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj1967.00021962005900020012x>

GUSMAN, G. S.; VIEIRA, L. R.; VESTENA, S. Alelopatia de espécies vegetais com importância farmacêutica para espécies cultivadas. **Biotemas**, v. 25, n. 4, p. 37-48, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2012v25n4p37>

HAGEMANN, T. R.; BENIN, G.; LEMES, C.; MARCHESE, J. A.; MARTIN, T. N.; PAGLIOSA, E. S.; BECHE, E. Potencial alelopático de extratos aquosos foliares de aveia sobre azevém e amendoim-bravo. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 509-518, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052010000300001>

HEAP, I. International survey of herbicide resistant weeds. Disponível em: <http://www.weedscience.org>. Acesso em: 21.12.2018.

HINZ, H. L.; SCHWARZLEANDER, M.; GASSMANN, A.; BOURCHIER, R. S. Successes we may not have had: a retrospective analysis of selected weed biological control agents in the United States. **Invasive Plant Science and Management**, v. 7, n. 1, p. 565-579, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1614/IPSM-D-13-00095.1>

HUBBARD, M.; HYNES, R. K.; ERLANDSON, M.; BAILEY, K. L. The biochemistry behind biopesticide efficacy. **Sustainable Chemical Processes**, v. 2, n. 18, p. 1-8, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40508-014-0018-x>

KAUL, S.; GUPTA, S.; AHMED, M.; DHAR, M. K. Endophytic fungi from medicinal plants: a treasure hunt for bioactive metabolites. **Phytochemistry Reviews**, v. 11, n. 4, p. 487-505, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11101-012-9260-6>

KHARE, P.; SRIVASTAVA, S.; NIGAM, N.; SINGH, A. K.; SINGH, S. Impact of essential oils of *E. citriodora*, *O. basilicum* and *M. arvensis* on three different weeds and soil microbial activities. **Environmental Technology & Innovation**, v. 14, n. 1, p. 1-27, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100343>

KIM, E. L.; LI, J. L.; DANG, H. T.; HONG, J.; LEE, C. O.; KIM, D. K.; YOON, W. D.; KIM, E.; LIU, Y. H.; JUNG, J. H. Cytotoxic cytochalasins from the endozoic fungus *Phoma* sp. of the giant jellyfish. **Nemopilema nomurai Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters**, v. 22, n. 9, p. 5752-5752, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2012.03.058>

KIM, S. I.; ROH, J.-Y.; KIM, D.-H.; LEE, H.-S.; AHN, Y.-J. Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. **Journal of Stored Products Research**, v. 39, n. 1, p. 293-303, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(02\)00017-6](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(02)00017-6)

KLAIC, R.; SALLET, D.; FOLETTI, E. L.; JACQUES, R. J. S.; GUEDES, J. V. C.; KUHN, R. C.; MAZUTTI, M. A. Optimization of solid-state fermentation for bioherbicide production by *Phoma* sp. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 34, n. 2, p. 377-384, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-6632.20170342s20150613>

LAZAROTO, C. A.; FLECK, N. G.; VIDAL R. A. Biologia e ecofisiologia de buva (*Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis*). **Ciência Rural**, v. 38, n. 3, p. 852-860, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008000300045>

MARCZEWSKA-KOLASA, K.; BORTNIAK, M.; SEKUTOWSKI, T. R.; DOMARADZKI, K. Influence of water extracts from cornflower on germination and growth of cereals seedlings. **Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering**, v. 62, n. 3, p. 208-211, 2017.

MATZRAFI, M.; LAZAR, T. W.; SIBONY, M.; RUBIN, B. *Conyza* species: distribution and evolution of multiple target-site herbicide resistances. **Planta**, v. 242, n. 1, p. 259-267, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00425-015-2306-4>

MOHSIN, N.; TARIQ, M.; ZAKI, M. J.; ABBASI, M. W.; IMRAN, M. Allelopathic effect of *Ficus benghalensis* L. leaves extract on germination and early seedling growth of maize, mungbean and sunflower. **International Journal of Biological Research**, v. 4, n. 1, p. 34-38, 2016.

MUHAMMAD, Z.; MAJEED, A. Allelopathic effects of aqueous extracts of sunflower on wheat (*Triticum aestivum* L.) and maize (*Zea mays* L.). **Pakistan Journal of Botany**, v. 46, n. 5, p. 1715–1718, 2014.

MUHAMMAD, Z.; ULLAH, S. R.; MAJEED, A. Allelopathic activity of leaf extracts of Benjamin fig on germination and early growth potentials of sunflower. **Bulletin of the National Research Centre**, v. 7, n. 2, p. 486-493, 2018. DOI: <https://doi.org/10.19045/bspab.70061>

OLIVEIRA, J. R. R. S.; CONSTANTIN, J.; INQUE, M. H. **Resistência de plantas daninhas. In: Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba, Eds. 2011, p. 362. OLIVEIRA, M. S.; COSTA, W. A.; PEREIRA, D. S.; BOTELHO, J. R. S.; MENEZES, T. O. A.; ANDRADE, E. H. A.; SILVA, S. H. M., SOUSA FILHO, A. P. S.; CARVALHO JUNIOR, R. N. Chemical composition and phytotoxic activity of clove (*Syzygium aromaticum*) essential oil obtained with supercritical CO₂. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 118, n. 1, p. 185-193, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.supflu.2016.08.010>

PANNACCI, E.; PETTOROSSO, D.; REGNI, L.; TEI, F. Allelopathic potential of mugwort (*Artemisia vulgaris* L.) to control the Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) in winter wheat. **Allelopathy Journal**, v. 36, n. 2, p. 257-272, 2015.

PENARIOL, M. C.; MONTEIRO, A. C.; PITELLI, R. A. Growth and sporulation of *bipolaris euphorbiae* cultivated under different nutritional conditions. **Ciência Rural**, v. 38, n. 7, p. 1907-1913, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008000700016>

PERVEEN, S.; YOUSAF, M.; MUSHTAQ, M. N.; SARWAR, N.; KHAN, M. Y.; MAHMOOD, S. Bioherbicidal potential of some allelopathic agroforestry and fruit plant species against *Lepidium sativum*. **Soil & Environment**, v. 38, n. 1, p. 11-18, 2019. DOI: <https://doi.org/10.25252/SE/18/71655>

PES, M. P.; MAZUTTI, M. A.; ALMEIDA, T. C.; Curioletti, L. E.; Melo, A. A.; Guedes, J. V. C. Kuhn, R. C. Bioherbicide based on *Diaporthe* sp. secondary metabolites in the control of three tough weeds. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 42, p. 4242-4249, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5897/AJAR2016.11639>

RASSAEIFAR, M.; HOSSEINI, N.; ASL, N. H. H.; ZANDI, P.; AGHDAM, A. M. Allelopathic effect of eucalyptus globulus' essential oil on seed germination and seedling establishment of *Amaranthus blitoides* and *Cyndon dactylon*. **Trakia Journal of Sciences**, v. 11, n. 1, p. 73-81, 2013.

RIAR, D. S.; NORSWORTHY, J. K.; SRIVASTAVA, V.; NANDULA, V.; BOND, J. A.; SCOTT, R. C. Physiological and Molecular Basis of Acetolactate Synthase-Inhibiting Herbicide Resistance in Barnyardgrass (*Echinochloa crusgalli*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, n. 2, p. 278-289, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jf304675j>

ROCHA, V. D.; SANTOS, T. A.; BISPO, R. B.; ZORTÉA, K. E. M.; ROSSI, A. B. B. Efeito alelopático de extratos aquosos de *Solanum paniculatum* L., na germinação e crescimento inicial de alface. **Revista Ciências Agroambientais**, v. 16, n. 1, p. 72-79, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5327/Z1677-606220181805>

SANSOM, M.; SABORIDO, A. A.; DUBOIS, M. Control of *Conyza* spp. With glyphosate- a review of the situation in Europe. **Plant Protection Science**, v. 49, n. 1, p. 44-53, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4236/as.2015.61003>

SINGH; A. K.; PANDEY A. K. Fungal metabolites as a natural source of herbicide: a novel approach of weed management. **Journal of Applied and Natural Science**, v. 11, n. 1, p. 158-163, 2019. DOI: <https://doi.org/10.31018/jans.v11i1.1994>

SOUSA, S. F. G.; OLIVEIRA, R. N. B.; TAVARES, L. A. F.; MARASCA, I.; ANDREANI JUNIOR, R. Efeito da utilização de extratos vegetais sobre a germinação de três espécies de plantas espontâneas. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 18, n. 1, p. 29-33, 2011.

SURIYAGODA, L.; COSTA W. A. J. M.; LAMBERS, H. Growth and phosphorus nutrition of rice when inorganic fertiliser application is partly replaced by straw under varying moisture availability in sandy and clay soils. **Plant Soil**, v. 384, n. 1-2, p. 53-68, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2049-1>

SYNOWIEC, A.; HALECKI, W.; WIELGOSZ, K.; BYCZYŃSKA, M.; CZAPLICKI, S. Effect of Fatty Acid Methyl. Esters on the Herbicidal Effect of Essential Oils on Corn and Weeds. **Weed Technology**, v. 31, n. 2, p. 301-309, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1017/wet.2016.17>

TODERO, I. **Desenvolvimento de um bioherbicida a partir de metabólitos de *Phoma* sp. para o manejo de plantas daninhas**. 2017. 78p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

TODERO, I.; CONFORTIN, T. C.; LUFT, L.; BRUN, T.; UGALDE, G. A.; ALMEIDA, T. C.; ARNEMANN, J. A.; ZABOT, G. L.; MAZUTTI, M. A. Formulation of a bioherbicide with metabolites from *Phoma* sp. **Scientia Horticulturae**, v. 241, n. 1, p. 285-292, 2018a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.07.009>

TODERO, I.; CONFORTIN, T. C.; LUFT, L.; SEIBEL, J.; KUHN, R. C.; TRES, M. V.; MAZUTTI, M. A. Concentration of exopolysaccharides produced by *Fusarium fujikuroi* and application of bioproduct as an effective bioherbicide. **Environmental Technology**, v. 1, n. 1, p. 1-21, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/09593330.2019.1580775>

TODERO, I.; CONFORTIN, T. C.; SOARES, J. F.; BRUN, T.; LUFT, L.; RABUSKE, J. E.; KUHN, R. C.; TRES, M. V.; ZABOT, G. L.; MAZUTTI, M. A. Concentration of metabolites from *Phoma* sp. using microfiltration membrane for increasing bioherbicidal activity. **Environmental Technology**, 22, 1-9, 2018b. DOI: <https://doi.org/10.1080/09593330.2018.1441330>

VISHWAKARMA, G. S.; MITTALA, S. Bioherbicidal potential of essential oil from leaves of *Eucalyptus tereticornis* against *Echinochloa crus - galli* L. **Journal of Biopesticides**, v. 7, n. 1, p. 47-53, 2014.

XIAO, J.; ZHANG, Q.; GAO, Y. Q.; TANG, J. J.; ZHANG, A. L.; GAO, J. M. Secondary Metabolites from the Endophytic *Botryosphaeria dothidea* of *Melia azedarach* and Their Antifungal, Antibacterial, Antioxidant, and Cytotoxic Activities. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 16, p. 3584-3590, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf500054f>