

Controle de Plantas Daninhas

Métodos físico, mecânico,
cultural, biológico e alelopatia

Maurílio Fernandes de Oliveira
e Alexandre Magno Brighenti



Embrapa

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

Controle de Plantas Daninhas

*Métodos físico, mecânico, cultural,
biológico e alelopatia*

*Maurílio Fernandes de Oliveira
Alexandre Magno Brighenti
Editores Técnicos*

*Embrapa
Brasília, DF
2018*

Métodos de controle de planta daninhas

Alexandre Ferreira da Silva, Germani Concenço, Ignacio Aspiazú, Leandro Galon, Evander Alves Ferreira

Introdução

As ferramentas de controle de plantas daninhas são didaticamente divididas em manejo preventivo, controle cultural, mecânico, físico, biológico e químico. A escolha do método de controle deverá levar em consideração o tipo de exploração agrícola, as espécies daninhas presentes na área, o relevo, a disponibilidade de mão de obra e equipamentos locais, além de aspectos ambientais e econômicos. O agricultor deve, sempre que possível, integrar os métodos de controle, pois a diversificação das estratégias de manejo da comunidade infestante implica maior eficiência e economia no seu controle.

Para adequada elaboração da estratégia de manejo, é importante conhecer a capacidade da espécie infestante, em relação à cultura, de competir por água, luz e nutrientes, além dos possíveis impactos negativos que determinadas espécies podem ocasionar na qualidade do produto a ser colhido e, também, prejuízos indiretos ocasionados por hospedar pragas e doenças. Torna-se necessário, também, conhecer o tipo de relacionamento entre as plantas cultivadas e infestantes que permite a sua convivência de forma pacífica (Silva et al., 2007a). À exceção de algumas poucas espécies que devem ser erradicadas, sabe-se que as infestantes podem proporcionar benefícios ao sistema, por auxiliarem na ciclagem de nutrientes e por serem hospedeiras de inimigos naturais. No entanto, é necessário conhecer o período que a cultura deve permanecer livre da interferência de plantas daninhas para que ela não tenha a sua produtividade quantitativa e/ou qualitativamente prejudicada.

A redução da interferência das plantas daninhas na cultura deverá ser realizada até que o nível de perda seja igual ao incremento do custo de controle, ou seja, as perdas não interfiram no rendimento econômico da cultura. O manejo da comunidade infestante deve ser realizado de maneira sustentável, através da integração dos métodos de controle, objetivando proporcionar a máxima vantagem competitiva para a cultura sobre as espécies infestantes, buscando preservar a máxima qualidade do produto colhido, o meio ambiente e a saúde humana e animal.

A separação teórico-didática e a caracterização de cada método de

manejo de plantas daninhas estão amplamente disponíveis em livros-texto, razão pela qual neste capítulo seremos breves na conceituação e focaremos na aplicação em campo das principais práticas de manejo não químicas. Isto tornará mais fácil a compreensão e a adoção do manejo de plantas daninhas, tanto por produtores como por técnicos da área agropecuária.

Manejo Preventivo

Prevenção é a melhor estratégia no controle de plantas daninhas. O manejo preventivo visa prevenir a entrada, o estabelecimento e/ou a disseminação de determinadas espécies-problema em áreas por elas ainda não infestadas (Silva et al., 2007b).

Um bom programa de manejo de plantas daninhas inclui a constante vigilância sobre a área de cultivo, identificando as espécies infestantes na fase jovem e adulta ou através de suas sementes. Deve-se ficar atento à presença de plantas daninhas que podem vir a se tornar problemas na área e, sempre que possível, enfatizar a prevenção (evitar sua entrada na área) sobre o controle (sua erradicação). O controle será sempre mais oneroso.

Como exemplos de medidas preventivas, pode-se citar: limpar cuidadosamente máquinas e implementos agrícolas; usar sementes fiscalizadas ou certificadas com elevado valor cultural (pureza x germinação); usar adubos orgânicos, como esterco de curral, somente depois que estiver totalmente fermentado; colocar animais comprados em quarentena; não deixar que animais se locomovam de áreas infestadas para áreas não infestadas, sem antes passar por período de quarentena; manter as bordas dos canais de irrigação sempre limpas; manter áreas contínuas às lavouras livres da presença de plantas daninhas, para que elas não produzam sementes e repovoem a área cultivada; e eliminar focos de infestação.

A falta desses cuidados tem colaborado na ampla disseminação de diversas espécies como a buva (*Conyza spp.*) e o capim-amargoso (*Digitaria insularis*), em razão da ausência de controle dessas plantas em áreas contínuas à propriedade e da limpeza inadequada de implementos agrícolas que transitam de regiões infestadas para outras livres de infestação. O picão-preto (*Bidens pilosa*) e o capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*) são amplamente disseminados ao se aderirem aos pelos dos animais; o arroz-vermelho, pelo uso de sementes de arroz contaminadas. Outras espécies apresentam meios específicos de disseminação.

Controle Cultural

O controle cultural consiste no uso de boas práticas agrícolas visando favorecer o crescimento da cultura em detrimento das plantas daninhas. Esse método de controle engloba a adoção de práticas comuns, como rotação de culturas, variação de espaçamento e população de plantas e cobertura verde, dentre outras, direcionadas à supressão das plantas daninhas (Silva et al., 2007b). Estas práticas auxiliam ainda na redução do banco de sementes do solo, diminuindo os níveis de infestação da lavoura nos anos subsequentes.

Uma das práticas mais positivas ao sistema produtivo é a rotação de culturas. Diversos estudos mostram redução na produtividade da soja e de outros cultivos agrícolas quando estes são plantados na mesma área, sem rotação (Crookston et al., 1991; Meese et al., 1991; West et al., 1996). A variação no espaçamento ou na densidade das plantas cultivadas pode contribuir para o maior sombreamento das plantas daninhas, reduzindo seu estabelecimento, além de promover maximização da captação de radiação solar pela cultura (Herbert; Litchfield, 1984; Anaele; Bishnoi, 1992; Knezevic et al., 2003).

Áreas bem manejadas possuem desenvolvimento equilibrado e fatores prejudiciais dificilmente ocorrerão em altos níveis. Em termos gerais, as seguintes práticas devem ser preconizadas em todos os ambientes de produção agropecuária para a supressão das plantas daninhas:

Rotação de culturas – Proporciona a diversificação do ambiente, reduzindo a seleção das espécies e diminuindo a ocorrência daquelas mais problemáticas, ou de mais difícil controle;

Integração Lavoura-Pecuária – Quando viável, é um dos sistemas mais eficientes na supressão de plantas daninhas, por causa da grande variação no manejo nos diferentes sistemas utilizados na área. O produtor que utilizar este sistema, e manejá-lo corretamente, raramente terá problemas com alta infestação de plantas daninhas;

Consórcios de cultivos – O principal sistema de consórcio no Centro-Oeste do Brasil é milho + braquiária na safrinha. Após a colheita do milho, a braquiária cresce e protege o solo, reduzindo o acesso das plantas daninhas à luz, até o cultivo subsequente. Outras opções de consórcio, no entanto, estão sendo estudadas;

Época de plantio e arranjo espacial de plantas – A cultura deve ser plantada na época recomendada pelo zoneamento agrícola da região pois será quando ela germinará mais rapidamente, fechando o dossel e suprimindo o crescimento das plantas daninhas. O arranjo das plantas – resultante do espaçamento entrelinhas e densidade de plantas – fará com que o dossel da cultura feche rapidamente.

Cobertura do solo na entressafra – Altamente eficiente em suprimir diversas espécies daninhas, incluindo a buva e o capim-amargoso. O solo nunca deve ficar sem cobertura.

Em áreas que não seguem pelo menos alguns dos preceitos apresentados, nem mesmo o melhor herbicida disponível será capaz de controlar as plantas daninhas de forma satisfatória (Figura 1). O reflexo da não utilização das práticas previamente descritas é visto no aumento dos custos de produção e nos problemas com plantas daninhas resistentes a herbicidas.

Foto: Germani Conceição



Figura 1. Infestação de buva no momento da dessecação pré-plantio da soja, em área sem cultivo no inverno (área em pousio).

Um dos principais objetivos em se adotar uma cultura de cobertura é substituir as plantas daninhas, de mais difícil controle, por plantas de mais fácil manejo por ocasião da implantação do cultivo subsequente (Ceccon; Concenço, 2014). Tanto a composição como o nível da infestação são influenciados pelo nível de cobertura da área, sendo que plantas daninhas de mais difícil controle estão associadas à cobertura deficiente do solo (Concenço et al., 2014a).

Para obter sucesso no manejo das plantas daninhas de difícil controle, nem práticas de manejo nem uso de herbicidas, isoladamente, alcançará sucesso. Deve-se manejar a área corretamente, aplicando os defensivos no momento correto. A cobertura do solo na entressafra varia com a região, em função das espécies mais adaptadas às condições edafoclimáticas locais. Na região Centro-Oeste, os produtores têm sucesso no estabelecimento do milho safrinha pós-soja consorciado com braquiária; cultivo de trigo; com a utilização de plantas oleaginosas de inverno, como crambe, nabo ou canola; ou mesmo com plantio de crotalária – a opção mais adequada depende das características edafoclimáticas de cada região, do objetivo e dos problemas enfrentados pelo produtor.

O consórcio milho safrinha-braquiária

Na Figura 2 é demonstrado o nível de infestação por plantas daninhas no pré-plantio de uma lavoura de soja, em outubro, em áreas com diferentes culturas ou espécies cultivadas no período de safrinha anterior.

O nível de infestação de plantas daninhas em sistemas de monocultivo aumenta com o tempo de mal manejo da área. A semeadura de braquiária após a soja, tanto solteira como em consórcio com milho, é capaz de manter baixos níveis de infestação. Em sistemas com menor ocupação do solo, como milho solteiro no espaçamento de 90 cm entrelinhas ou feijão-caupi, aumenta a importância de espécies mais adaptadas ao sistema de cultivo, como buva, capim-amargoso, trapoeraba, corda-de-viola, erva-de-touro e outras.

A área deve estar sempre ocupada por espécie cultivada com fins econômicos ou não, que proporcione elevada quantidade de palha residual, com distribuição uniforme na superfície do solo. O sistema de consórcio milho + braquiária, adotado em algumas regiões do Brasil, resulta em menor nível de infestação por plantas daninhas em áreas de sucessão à soja, ao longo do tempo de utilização. Embora seja uma grande mudança de conceitos passarmos a plantar no meio do milho o que estávamos acostumados a matar (controlar), isto se faz necessário para garantia do sucesso dos nossos sistemas de cultivo (Figuras 3 e 4).

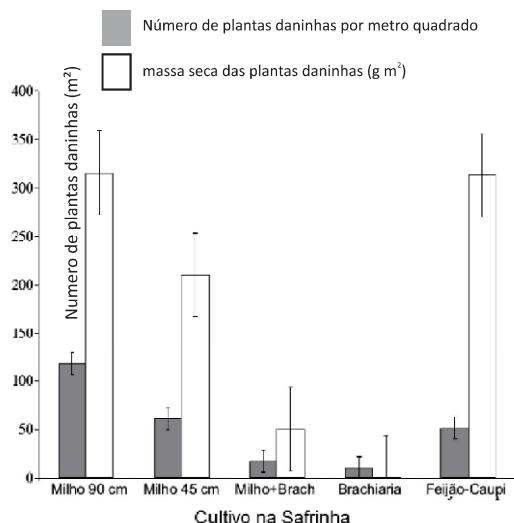


Figura 2. Ocorrência de plantas daninhas no pré-plantio da soja, em outubro, em áreas com diferentes espécies ou culturas implantadas na safrinha.

Fonte: Concenço et al. (2013).

Fotos: Germani Concenço



Figura 3. Entrelinha da cultura do milho consorciado com braquiária piatã.



Figura 4. Multiplicação de plantas daninhas no final do cultivo do milho safrinha solteiro. Destacam-se trapoeraba, poaia-branca e buva.

O cultivo de trigo

A contínua utilização do binômio soja - milho + braquiária também pode ocasionar a seleção de espécies daninhas adaptadas a ambos os sistemas de cultivo. Com o tempo, passa a ser uma “mono-bi-cultura”. O trigo apresenta-se como uma boa opção para a segunda safra em algumas regiões do Centro-Oeste e também para o inverno frio do Sul do Brasil, considerando o ponto de vista de supressão de plantas daninhas (Figura 5). O trigo é conhecido por liberar ao solo substâncias alelopáticas com capacidade de inibir o desenvolvimento de diversas espécies de plantas, sendo bastante eficiente na supressão da buva (Figura 6). O uso do trigo em áreas infestadas com buva, e outras espécies de difícil controle na soja, pode trazer grandes benefícios à produtividade da soja em sucessão.

Foto: Germani Concenço



Figura 5. Lavoura de trigo que sofreu somente aplicação de metsulfuron-methyl no início do ciclo vegetativo.

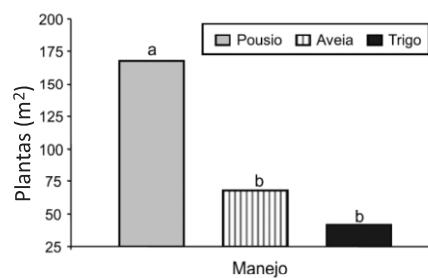


Figura 6. Ocorrência de plantas de buva no momento da dessecação pré-plantio da cultura da soja, em função da cultura utilizada no inverno.

Fonte: Paula et al. (2011)

Oleaginosas de inverno

O nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) é uma espécie com conhecido efeito alelopático sobre outras plantas na área. Sua massa, no entanto, degrada rapidamente por causa da baixa relação C:N, e o solo após algumas semanas pode apresentar cobertura deficiente. Da mesma forma, o crambe possui potencial de suprimir significativamente as plantas daninhas pela exsudação de compostos inibidores (Grodzinsky, 1992). A canola (Figura 7), embora não amplamente reconhecida como exsudadora de compostos alelopáticos, possui ciclo mais longo que o crambe ou o nabo forrageiro, com efeito significativo na redução da infestação de plantas daninhas dentro das culturas plantadas em sucessão (Figura 8).

Foto: Germani Concenço



Figura 7. Área com cultivo de canola no inverno, com objetivo de produção de biocombustível. A supressão de importantes plantas daninhas como a buva e o capim-amargoso é um desejável efeito secundário das oleaginosas.

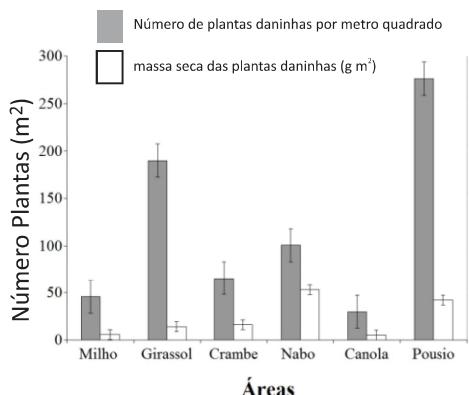


Figura 8. Ocorrência de plantas daninhas aos 15 dias após o plantio da soja, em áreas com diferentes espécies implantadas na safrinha precedente.
Fonte: dados originais.

Embora os aspectos técnico-econômicos da implantação de crambe, nabo ou canola ainda estejam sendo estudados, e a cadeia produtiva ainda seja um tanto frágil, já existe algum mercado e estas culturas podem ser consideradas alternativas para complementar o manejo químico de plantas daninhas em áreas altamente infestadas, onde os prejuízos à produtividade da soja em decorrência de plantas daninhas sejam muito altos.

Controle Mecânico

Os métodos de controle mecânico de plantas daninhas são o arranqueiro e a capina manual, a roçada e o cultivo mecanizado.

O arranqueiro manual de plantas daninhas é o mais antigo de todos os métodos, por não demandar nenhuma ferramenta. É bastante conveniente e eficiente para áreas localizadas, como gramados de jardins, pequenos canteiros de produção orgânica ou até em áreas públicas urbanas. Já a capina manual implica o uso de implementos como enxadas, enxadões, sachos ou similares. Apresenta rendimento operacional superior ao do arranqueiro manual, com custo inicial superior por conta da aquisição dos implementos, mas em contraponto seu rendimento permite a adoção em pequenas áreas, em escala superior ao arranqueiro manual. Essas duas formas de controle mecânico ganharam muita importância em áreas urbanas, pois, de acordo com a Lei 6.288/02, aprovada pela câmara dos deputados em 2009, é proibido o uso de qualquer tipo de agrotóxico em áreas públicas urbanas. Apesar de bastante útil nestes casos mencionados, o controle mecânico acaba se tornando trabalhoso e oneroso em áreas maiores, o que inviabiliza sua adoção.

A roçada manual ou mecânica é uma excelente opção para culturas com espaçamentos maiores, como pomares e cafezais, principalmente em terrenos declivosos, onde o controle da erosão é fundamental (Silva et al., 2007a). O espaço das entrelinhas é mantido roçado e, por meio de outros métodos de controle, a fileira de plantas, em nível, é mantida no limpo. Também em terrenos baldios, beiras de estradas e pastagens, a roçada pode ser considerada importante método de controle.

O cultivo mecanizado pode ser feito com implementos tracionados por animais e tratores. A opção de tração por animais é mais barata e se adapta melhor a espaçamentos reduzidos e ambientes declivosos. Em áreas com cafezais mais adensados do sul de Minas Gerais este método vem sendo empregado com bastante sucesso. Porém, em áreas mais planas, a tração mecânica leva vantagem pela rapidez nas operações. Plantas anuais jovens, com dois a quatro pares de folhas, são facilmente controladas em condições de alta radiação solar e solo seco. O cultivo quebra a relação que existe entre raiz e solo, suspende a absorção de água e expõe a raiz a condições ambientais desfavoráveis (Silva et al., 2007a). No entanto, este método apresenta dificuldades no controle de plantas daninhas na linha da cultura, e também apresenta baixa eficiência quando realizado em condições de solo molhado, além de ser ineficiente no controle de plantas que se reproduzem por partes vegetativas.

De acordo com Van der Weide et al. (2008), novas ferramentas e implementos relacionados ao cultivo mecanizado vêm sendo desenvolvidos, especialmente pela demanda dos agricultores orgânicos. Pesquisas em vários países europeus durante a última década têm se concentrado na mecanização usando grades, implementos com dedos de torsão e com ar comprimido (pneumáticos). Implementos inteligentes estão sendo desenvolvidos, oferecendo formas mais avançadas para controlar plantas daninhas, incluindo as de maior porte, deixando as plantas da cultura ilesas.

A inclusão de tecnologias inovadoras, incluindo a detecção avançada e robótica, em combinação com os novos sistemas de cultivo, pode levar a um avanço no controle físico de plantas daninhas em culturas plantadas em linhas, levando a reduções significativas, ou até mesmo à eliminação da necessidade de capina manual.

Controle Físico

O controle físico consiste na utilização de métodos como cobertura morta, solarização, fogo, inundação, dragagem, drenagem e eletricidade (corrente elétrica e micro-ondas) no controle das plantas daninhas.

Cobertura Morta

A manutenção dos restos culturais sobre a superfície do solo pode servir como uma barreira física, impedindo a emergência de sementes de plantas daninhas que apresentam pequenas quantidades de reserva, a qual, às vezes, não é suficiente para que a planta ultrapasse a cobertura morta em busca de luz. O processo de decomposição desses resíduos vegetais libera gradualmente uma série de compostos orgânicos denominados aleloquímicos, que podem interferir negativamente na germinação e emergência das plantas indesejáveis. Quanto maior a quantidade de palha maior será a barreira física e maior será a quantidade de compostos aleloquímicos produzidos, o que poderá influenciar negativamente a germinação das plantas daninhas. A quantidade e qualidade da palha dependem do material de origem, das condições climáticas e do sistema de manejo adotado.

O conteúdo de matéria orgânica em áreas de sistema de plantio direto é, normalmente, superior aos da área de semeadura convencional. Maior teor de matéria orgânica está relacionado a maior atividade e diversidade biológica do solo. O aumento da macro e da microfauna pode favorecer o crescimento da população de organismos que se alimentam das sementes e das plântulas infestantes e, por conseguinte, diminuem o potencial de infestação nas áreas de plantio (Silva et al., 2009). Além desse fator, a palhada intercepta a radiação solar, impedindo a sua chegada à superfície do solo, o que ocasiona efeito negativo sobre sementes de plantas daninhas fotoblásticas positivas (Paes & Rezende, 2001). Outro efeito da manutenção dos resíduos vegetais sob a superfície do solo é a menor oscilação no grau de umidade e temperatura da superfície; esta flutuação pode favorecer a germinação das sementes das plantas daninhas da camada superficial do solo. Quando condições à germinação não são fornecidas, as sementes permanecem por algum tempo quiescentes, as que não germinam são forçadas à dormência, e acabam por perder a viabilidade se permanecerem por muito tempo a espera de condições para estabelecimento (Dorn et al., 2013).

Solarização

A solarização consiste na utilização de coberturas plásticas que objetivam aumentar a temperatura do solo, por causa da ação da radiação solar, e ocasionar a morte das plantas daninhas pelo excesso de calor. A efetividade deste método depende de um clima quente, úmido e de intensa radiação solar com dias longos para aumentar a temperatura do solo o suficiente para ocasionar a morte das plantas daninhas.

Em razão das suas particularidades, como demanda de filme plástico, umidade homogênea no solo, mão de obra, equipamentos específicos, pessoal treinado e outras características, a prática de solarização somente é viável para pequenas áreas ou para cultivos protegidos, como a plasticultura. A prática é adotada no Brasil principalmente em cultivos de hortifrutigranjeiros de maior valor agregado, como morango e outras pequenas frutas rasteiras, bem como em floricultura profissional ou artesanal, em condições experimentais em instituições de pesquisa e mais recentemente em hortas artesanais. É boa opção para qualquer empreendimento que demande solo isento de invasoras e patógenos e que necessite de pequenos volumes de solo.

A presença de umidade no solo é importante por aumentar sua habilidade em conduzir calor e por estimular a germinação do banco de sementes da área. Por esse motivo, recomenda-se a cobertura do solo com o filme plástico quando ele estiver na capacidade de campo. Altas temperaturas podem prejudicar a germinação de sementes e ocasionar a morte das plântulas germinadas por causa da inibição de processos metabólicos. Sob as condições do verão israelense, duas a quatro semanas de solarização promoveram controle efetivo de plantas daninhas anuais, sendo percebido até após um ano da sua utilização (Horowitz et al., 1983). No entanto, Egley (1983) afirmou que o tratamento de uma área com solarização não eliminou as sementes dormentes na camada superficial do solo; o tratamento matou as sementes não dormentes e reduziu drasticamente o número de plântulas de daninhas que poderiam ter emergido. Zimdahl (1993) ressalta a eficiência diferencial da solarização sobre espécies daninhas, relatando que o caruru foi eliminado em mais de 90% após duas semanas de solarização, mas a buva não foi controlada mesmo após oito semanas de solarização.

De maneira geral, a solarização tende a ser mais efetiva, principalmente no controle das plantas daninhas localizadas na camada superficial do solo, em razão do maior aquecimento (Silva et al., 2007b). De acordo com Ghini et al. (2002), o solo deve permanecer coberto pelo maior período de tempo possível até o plantio; em condições de campo, recomenda-se período

de 1 a 2 meses durante a época de maior incidência de radiação solar.

Fogo

O fogo é um método de controle físico que já foi muito popular antes das extensas regulações ambientais que limitaram esta prática, e também antes que a ciência tivesse compreensão clara sobre seus efeitos deletérios na microbiota do solo. Muitas vezes somente um palito de fósforo era necessário para aplicação desta prática de manejo de plantas de forma descontrolada.

Na agricultura contemporânea, no entanto, outros métodos de queima monitorada de áreas ou de direcionamento das chamas por equipamentos próprios foram desenvolvidos, mas sua aplicação é limitada pelo aumento do preço dos combustíveis, pelos possíveis danos à cultura sob aplicação equivocada, e também pelo surgimento de herbicidas seletivos às culturas. A procura pelos queimadores ou lança-chamas ocorre, principalmente, por agricultores orgânicos de cana-de-açúcar visando o controle de plantas daninhas para a produção de açúcar orgânico, citros, café, soja, milho e algodão e para dessecação das ramas de batata (Marchi et al., 2008).

Na agricultura convencional normalmente os produtores optam por herbicidas para cumprir o papel que poderia ser do controle físico com fogo. Os queimadores usam combustíveis derivados de petróleo e possuem uma proteção para não afetar a cultura. Não há estatística clara sobre a área total no Brasil onde as plantas daninhas sejam manejadas com uso do fogo, mas todas as estatísticas apontam para pequena área, se forem desconsideradas as áreas de queima de cana-planta, ainda adotada em situações específicas.

Ascard et al. (2007) afirmam que o fogo é uma opção atrativa de controle por não deixar resíduos na cultura, no solo e na água, por controlar espécies tolerantes ou resistentes a herbicidas, e ainda pode ser usado em culturas para as quais não existem herbicidas registrados. Outra vantagem em relação ao controle químico é que, à exceção à condição de chuvas intensas, a utilização das chamas não é afetada pelas condições ambientais prevalecentes. Em sistemas de produção orgânica, o controle com lança-chamas é lucrativo em algumas culturas por reduzir a necessidade de capinas manuais. Em comparação ao cultivador, o lança-chamas pode ser utilizado em solo molhado, não traz sementes que estavam enterradas para a superfície do solo e ainda pode eliminar algumas pragas e patógenos de plantas. Como desvantagens, os autores citam o alto custo da mão de obra, do combustível e

do equipamento, quando comparado com a aplicação de herbicidas; a baixa seletividade; e a falta de efeito residual, com a necessidade de repetir queimas.

O fogo controla as plantas daninhas por ocasionar a coagulação e a desnaturação de proteínas, o aumento da permeabilidade de membrana e a inativação de enzimas. A temperatura da chama, geralmente, alcança mais de 1.000 °C (Beltrão, 2004). Por este motivo, deve-se ficar atento à velocidade de caminhamento e à pressão utilizada, para que as chamas não atinjam a cultura. A eficiência deste método de controle é mais influenciada pelo estádio de desenvolvimento da planta daninha do que pela sua densidade. De maneira geral, quanto mais desenvolvida a planta maior a necessidade de calor para promover o seu controle. As espécies podem apresentar tolerância diferenciada ao uso de chamas, sendo que algumas plantas podem não ser controladas por este método (Ascard et al., 2007), embora sofram danos que atrasem seu desenvolvimento.

Chamas não são muito efetivas na destruição das sementes de plantas daninhas, pois até mesmo uma pequena camada de solo é o suficiente para proteger a maioria delas do fogo. O controle somente ocorrerá se a semente estiver exposta na superfície do solo. Desta forma, pode-se dizer que este método é mais efetivo no controle em pós-emergência das plantas daninhas.

Inundação, dragagem e drenagem

O controle por inundação impede que as raízes das plantas sensíveis obtenham oxigênio para sobreviver. Em culturas inundadas, como o arroz, o manejo da água é comumente reconhecido como uma importante prática cultural no controle da comunidade infestante de espécies perenes, como tiririca (*Cyperus rotundus*), grama-seda (*Cynodon dactylon*) capim-kikuo (*Penisetum clandestinum*), e de muitas espécies anuais que podem ser erradicadas sob inundação prolongada (Silva et al., 2007b). Porém, não é eficiente no controle de plantas daninhas adaptadas a condição de solos encharcados, como capim-arroz (*Echinochloa* sp.), arroz-vermelho (*Oryza sativa*), chapéu-de-couro (*Sagittaria* spp.) e diversas outras. É uma prática que exige nivelamento de terrenos, o que resulta em custo maior, além do gasto excessivo de água.

Em locais de baixo fluxo de água é comum a grande deposição de lodo que pode propiciar o crescimento vigoroso de determinadas espécies semiaquáticas. Nesta situação, a dragagem do ambiente pode ser utilizada

como uma eficiente estratégia de controle (Pitelli, 1987). O sucesso deste método consiste na remoção das estruturas reprodutivas das plantas, como rizomas, tubérculos e outros. Já a drenagem pode ser utilizada no controle de plantas daninhas aquáticas. Ao drenar a água do ambiente, as espécies hidrófitas não conseguem se desenvolver.

Corrente elétrica e micro-ondas

O uso de micro-ondas (radiação eletromagnética) e corrente elétrica tem sido considerado uma ferramenta no manejo de plantas daninhas desde o início do século 19. As micro-ondas podem ocasionar efeitos tóxicos seletivos a plantas e sementes. O primeiro equipamento patenteado com esta tecnologia para o controle de plantas daninhas é datado de 1895 (Zimdahl, 1999). Elas podem produzir efeitos térmicos e não térmicos. Os efeitos térmicos são a principal fonte de toxicidade. Há correlação positiva entre o conteúdo de água da semente e da planta com a sua susceptibilidade a energia eletromagnética. Baixas frequências podem superar a dormência das sementes. Vários equipamentos de controle de plantas daninhas com micro-ondas vêm sendo desenvolvidos, patenteados e comercializados ao redor do mundo, mas sem muito sucesso. Eles demandam grande quantidade de energia e podem ser utilizados em pré e/ou pós-emergência. Quando a aplicação é realizada na pós-emergência, em razão do grande conteúdo de água dos seus tecidos, a energia é conduzida por toda a planta. O acúmulo de energia faz com que o conteúdo aquoso da planta alcance altas temperaturas e consequentemente ocasiona a morte delas por causa do rompimento das paredes celulares e desnaturação de proteínas. Não há relato de utilização em escala comercial do controle de plantas daninhas por corrente elétrica convencional ou por micro-ondas no Brasil, embora diversas experiências em pequena escala estejam sendo feitas.

Controle biológico

O controle biológico consiste na utilização de parasitas, predadores, ou patógenos capazes de reduzir a população de plantas daninhas e consequentemente sua capacidade de competir, por meio do equilíbrio populacional entre o inimigo natural e a planta hospedeira (Silva et al., 2007b). O objetivo do controle biológico não é erradicar, mas sim reduzir a população para abaixo do nível de dano econômico. De modo geral, a eficiência desse método é duvidosa quando utilizado isoladamente, pois os agentes de

controle, geralmente, são específicos para determinadas espécies de plantas, não atuando contra o complexo florístico local. Estratégias de controle biológico de plantas daninhas vêm sendo utilizadas no manejo de plantas invasoras em pastagens, plantas infestantes em corpos hídricos, plantas daninhas resistentes a herbicidas e na agricultura orgânica.

Os primeiros trabalhos com controle biológico consistiram na introdução de insetos fitófagos exóticos de uma área geográfica para outra com o objetivo de controlar plantas daninhas introduzidas (Tessmann, 2011). Além desta estratégia, denominada inoculativa ou controle biológico clássico, há duas outras estratégias, passíveis de implementação: estratégias inundativa e aumentativa.

Controle Biológico Clássico ou Estratégia Inoculativa

O controle biológico clássico pode ser aplicável nos casos de plantas exóticas que estejam separadas geograficamente dos seus inimigos naturais nativos (Zimdahl, 1999). Essa estratégia de controle não objetiva a redução imediata ou a erradicação de plantas invasoras, mas sim a redução e a estabilização ao longo do tempo da população abaixo do nível de dano econômico. O controle biológico clássico se baseia na ideia de que o controle resulta justamente da pressão constante dos inimigos naturais sobre os seus hospedeiros, pois parte-se do princípio de que tais plantas se tornaram daninhas nos novos ambientes em razão, em grande parte, da ausência de pressão dos inimigos naturais nas novas áreas colonizadas (Tessmann, 2011). O sucesso dessa estratégia de manejo depende da capacidade de autoperpetuação do agente de controle, assim como de sua capacidade de dispersão natural.

O controle biológico clássico ou estratégia indutiva por patógenos tem sido utilizada em várias partes do mundo no controle de plantas daninhas exóticas. No Brasil, este método foi utilizado no controle biológico de leiteiro com *Bipolaris euphorbiae*, desenvolvido pela Embrapa nos anos 1980 (Yorinori & Gazziero, 1990), sendo mais recentemente utilizado para controle de plantas aquáticas em reservatórios de água.

Essa estratégia possui uma abordagem relativamente simples: descobrir um agente hospedeiro altamente específico para a planta daninha-alvo no seu centro de origem, confirmar a sua segurança e efetividade através de rigorosa avaliação experimental, e introduzir o agente de controle na região onde a planta daninha foi introduzida e requer controle (Charudattan &

Dionoor, 2000). De maneira geral, essa estratégia de controle não é a mais indicada para o manejo de plantas daninhas em culturas anuais, por causa da sua lentidão no controle das invasoras em comparação a curta duração do ciclo das culturas, e não tem exemplos amplamente aplicados no Brasil.

A estratégia de controle biológico clássico tem sido empregada com sucesso no controle de plantas daninhas que invadem áreas de pastagens extensivas, reservas florestais e ecossistemas frágeis, como ecossistemas aquáticos. Nestas áreas, o controle mecânico e/ou químico, muitas vezes, pode ser de difícil execução ou mesmo inviável economicamente, além de poder ocasionar impactos negativos no ambiente. O controle químico ou mecânico, quando exequível, deve ser compreendido como solução de curto prazo pois necessita ser aplicado regularmente; já o controle biológico é uma medida que pode oferecer soluções de longo prazo para estes problemas (Tessmann, 2011).

Estratégia Inundativa

A estratégia inundativa consiste na aplicação massiva de doses de inóculo do patógeno sobre uma grande população de plantas daninhas, com o objetivo de proporcionar rápido controle de determinada espécie infestante. Baseia-se na utilização de fungos, bactérias e vírus. Há manipulação direta das estruturas reprodutivas dos patógenos e de sua distribuição no campo. O inóculo dos agentes de controle pode ser aplicado sobre a população infestante através de métodos convencionais de aplicações de produtos fitossanitários. De maneira similar aos herbicidas químicos, geralmente, há necessidade de aplicações regulares do agente de controle biológico sobre a comunidade infestante, pois ele não sobrevive em densidade suficiente ou não consegue se multiplicar nos restos culturais (Tessmann, 2011).

Em razão da similaridade de uso com os herbicidas químicos, a estratégia inundativa também é conhecida como bio-herbicida. Entretanto, é importante salientar que bio-herbicidas também podem ser utilizados na estratégia aumentativa. Nos Estados Unidos e em alguns outros países, o uso de fitopatógenos no controle de plantas daninhas é tratado como “utilização de pesticida” e, dessa forma, esses patógenos devem ser registrados ou aprovados como biopesticida por agências governamentais especializadas (Charudattan & Dinoor, 2000).

Há uma série de etapas que devem ser cumpridas no rigoroso processo de desenvolvimento e registro de bio-herbicidas: seleção da planta-

alvo; levantamento e identificação de fungos associados e ocorrência na região; estudos da biologia e ciclo de vida do fungo; estudos sobre as condições ambientais que afetam o desenvolvimento da doença; compatibilidade com herbicidas e adjuvantes; viabilidade do patógeno no armazenamento; produção massal do agente de controle; eficiência do pré-requisito em condições de campo; registro e licenciamento; produção e comercialização.

Estratégia Aumentativa

A estratégia aumentativa requer o periódico estabelecimento do agente de controle biológico, porém com menor intensidade e frequência que os bio-herbicidas. Esta estratégia tende a manter constante a pressão biótica de um determinado agente de controle sobre a população de plantas daninhas-alvo. De maneira geral, tem sido implementada com insetos fitófagos e fungos fitopatogênicos de difícil produção em larga escala e que são aplicados periodicamente somente em partes das áreas em que se deseja obter o controle das plantas daninhas (Tessmann, 2011).

No entanto, além da utilização de insetos fitófagos e fungos fitopatogênicos, alguns trabalhos têm demonstrado a eficiência de animais vertebrados como agentes de controle biológico na estratégia aumentativa. Miyazaki e Pitelli (2003) verificaram que o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) pode ser um eficiente agente de controle de *Egeria densa* e *E. naja* em cursos de água; EPAGRI (2010) relata o uso de marrecos no controle de plantas de arroz-vermelho durante a entressafra de arroz; Silva et al. (2007b) relatam a utilização de carneiros no controle de plantas daninhas em lavouras de café.

A estratégia aumentativa se diferencia do controle biológico clássico, em que se espera que o agente se disperse para uma grande área após a sua liberação; e também se diferencia do método inundativo, em que se espera que ocorra o rápido controle das plantas daninhas após a aplicação do agente biológico (Tessmann, 2011).

Controle Químico

No final do século XIX e início do século XX, principalmente na Europa e nos Estados Unidos, descobertas de substâncias com propriedades herbicidas acabaram por impor um novo padrão de desenvolvimento para a agricultura (Concenço et al., 2014a). Dentre as mudanças no sistema de produção, provenientes da descoberta de moléculas com ação herbicidas,

pode-se citar a redução da importância da rotação de culturas e a separação da produção animal da vegetal (Zimdahl, 1993). Essas mudanças abriram as portas para o desenvolvimento de sistemas mais intensivos de produção, marcando o início de uma nova etapa na história da agricultura, chamada de *Segunda Revolução Agrícola Contemporânea*, ou “Revolução Verde” (Concenço et al., 2014a). Esta se embasava no uso intensivo de diversos insumos, dentre eles os herbicidas.

O uso intensivo de herbicidas, associado à ausência de outros métodos de controle, tem resultado na contaminação de ambientes e seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas. A resistência é definida como “a habilidade de uma planta sobreviver e reproduzir, após exposição a uma dose de herbicida normalmente letal para o biótipo selvagem da planta” (Heap, 2014). Na atualidade, a buva (*Conyza spp.*) e o capim-amargoso (*Digitaria insularis*), por exemplo, são consideradas as piores espécies daninhas em sistemas de produção em razão da sua resistência ao herbicida glyphosate e à dificuldade de controle com outros herbicidas. O surgimento e a disseminação destas espécies se devem ao uso abusivo do controle químico e à falta de planejamento das atividades agrícolas.

A adoção do controle químico no manejo de plantas daninhas possui tanto vantagens como desvantagens; embora essencial nos sistemas de produção contemporâneos, deve ser sempre adotado em um esquema integrado com os outros métodos de controle.

Principais vantagens e desvantagens da adoção do controle químico de plantas daninhas.

VANTAGENS do controle químico	DESVANTAGENS do controle químico
Prevenção do aparecimento das plantas daninhas	Toxicidade ao homem e animais
Controle efetivo nas linhas de plantio	Equipamentos próprios para aplicação
Flexibilidade quanto à época de aplicação	Equipamentos de proteção do operador
Redução do tráfego de maquinário na área	Risco de danos por deriva a lavouras vizinhas
Rendimento operacional elevado	Danos a culturas plantadas em sucessão
Menor demanda de mão de obra	Resistência de plantas daninhas a herbicidas
	Eficiência influenciada por condições ambientais

Os herbicidas utilizados no controle químico de plantas daninhas podem ser classificados de diversas formas, visando conhecimento de suas propriedades e orientação na sua aplicação. As principais classificações são as seguintes:

Quanto à seletividade

Herbicidas seletivos: Suprimem ou inibem o crescimento de plantas daninhas numa cultura, sem prejudicá-la além de um nível aceitável de recuperação;

Herbicidas não seletivos: Com amplo espectro de ação, capazes de suprimir ou inibir severamente todas as plantas, quando aplicados nas doses recomendadas.

Quanto à translocação

Herbicidas com ação de contato: Não se translocam ou se translocam de forma muito limitada, causando danos nas partes com as quais entram em contato direto. Efeito rápido e agudo, podendo se manifestar em poucas horas;

Herbicidas de ação sistêmica: Efeito mais demorado, crônico. A translocação pode ocorrer pelo xilema, floema e domínios simplásticos, dependendo do herbicida e da época de aplicação. Esses herbicidas dependem de ampla atividade metabólica das plantas.

Quanto à época de aplicação

Herbicidas aplicados em pré-plantio incorporado (PPI): São aplicados ao solo e posteriormente precisam de incorporação mecânica ou através de irrigação, para evitar perdas principalmente por volatilização;

Herbicidas aplicados em pré-emergência (PRÉ): A aplicação é feita após a semeadura ou plantio, mas antes da emergência da cultura, das plantas daninhas ou de ambas. São muito dependentes do teor de umidade no solo;

Herbicidas aplicados em pós-emergência (PÓS): Em aplicações em pós-emergência, o produto deve ser absorvido em maior parte via foliar. Aplicações normalmente são feitas em fases iniciais do crescimento das plantas daninhas.

Controle químico e cultivares transgênicas com resistência a herbicidas

A disponibilização no mercado de cultivares com resistência a herbicidas torna possível a aplicação de herbicidas antes letais às plantas da cultura, durante o seu cultivo. Diversas tecnologias estão por sair no mercado, mas as já disponíveis e amplamente utilizadas são soja e milho com possibilidade de sobreviver à aplicação do herbicida glyphosate. Este herbicida apresenta ação total e não é seletivo às variedades não transgênicas destas culturas.

A aplicação do glyphosate sobre a soja ou o milho tolerante a este herbicida permite obter controle da maioria das espécies de plantas daninhas presentes na lavoura, uma vez que o glyphosate é um herbicida não seletivo de ação total. Algumas espécies, no entanto, sobrevivem à aplicação por apresentarem maior grau de tolerância natural a este herbicida, como a trapoeraba (*Commelina spp.*), erva-de-touro (*Tridax procumbens*) e a corda-de-viola (*Ipomoea spp.*), ou então por terem adquirido resistência, como a buva (*Conyza spp.*) e o capim-amargoso (*Digitaria insularis*).

Outro problema com a sucessão de cultivares transgênicas com tolerância a herbicidas na lavoura é que as próprias culturas passam a se comportar como invasoras, pois plantas voluntárias da espécie cultivada podem se desenvolver no cultivo subsequente. Historicamente as plantas voluntárias eram usualmente controladas por herbicidas de ação total, principalmente o glyphosate, na operação de manejo de pré-semeadura, ou por herbicidas seletivos específicos para cada cultura. No entanto, a inserção da tolerância ao glyphosate na soja e no milho inviabilizou desde então o controle químico das plantas voluntárias com este herbicida.

Portanto, no cultivo em sucessão de culturas transgênicas com tolerância à mesma molécula herbicida, as plantas voluntárias deverão ser controladas por herbicidas alternativos a este evento transgênico.

Referências

- ANAELE, O.; BISHNOI, U. R. Effects of tillage, weed control method and row spacing on soybean yield and certain soil properties. **Soil and Tillage Research.** v. 23, n. 4, p. 333-342, 1992.

- ASCARD, J.; HATCHER, P. E.; MELANDER, B.; UPADHYAYA, M. K. Thermal weed control. In: UPADHYAYA, M. K.; BLACKSHAW, R. E. **Non-chemical weed management**. CABI, 2007. p. 155-176.
- BELTRÃO, N. E. M. Manejo e controle de plantas daninhas em algodão. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Ed.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 215-250.
- CECCON, G.; CONCENÇO, G. Produtividade de massa e dessecação de forrageiras perenes para integração lavoura-pecuária. **Planta Daninha**, v. 32, p. 319-326, 2014.
- CHARUDATTAN, R.; DINOOR, A. Biological control of weeds using plant pathogens: accomplishments and limitations. **Crop Protection**, v. 19, p. 691-695, 2000.
- CONCENÇO, G.; ANDRES, A.; SILVA, A. F.; GALON, L.; FERREIRA, E. A.; ASPIAZÚ, I. Ciência das plantas daninhas: histórico, biologia, ecologia e fisiologia. In: MONQUERO, P. A. (Ed.). **Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas**. RIMA, 2014a. p. 1-32.
- CONCENÇO, G.; SILVA, C. J.; TOMAZI, M.; MARQUES, R. F.; SANTOS, S. A.; ALVES, M. E. S.; PALHARINI, W. G.; FROES, A. L.; FABRIS, D. N. Winter oilseed crops after soybeans as tools for weed management in brazilian savannah cropping systems. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, p. 2277-2288, 2014b.
- CONCENÇO, G.; CECCON, G.; CORREIA, I. V. T.; LEITE, L. F.; ALVES, V. B. Ocorrência de espécies daninhas em função de sucessões de cultivo. **Planta Daninha**, v. 31, n. 2, p. 359-368, 2013.
- CROOKSTON, R. K.; KURLE, J. E.; COPELAND, P. J.; FORD, J. H.; LUESCHEN, W. E. Rotational cropping sequence affects yield of corn and soybean. **Agronomy Journal**, v. 89, p. 229-232, 1991.
- DORN, B.; STADLER, M.; VAN DER HEIJDEN, M.; STREIT, B. Regulation of cover crops and weeds using a roll-chopper for herbicide reduction in no-tillage winter wheat. **Soil and Tillage Research**, v. 134, p. 121-132, 2013.
- EGLEY, G. H. Weed seed and seedling reductions by soil solarization with transparent polyethylene sheets. **Weed Science**, v. 31, n. 3, p. 404-409, 1983.
- EPAGRI. **Sistema de produção de arroz irrigado em Santa Catarina (pré-germinado)**. 3 ed. rev. atual, 2010. (Epagri. Sistemas de Produção, 32).
- GHINI, R.; SCHOENMAKER, I. A. S.; BETTIOL, W. Solarização do solo e incorporação de fontes de matéria orgânica no controle de Pythium spp. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 9, p. 1253-1261, 2002.
- GRODZINSKY, A. M. Allelopathic effects of cruciferous plants in crop rotation. In: RIZVI, S. J. H.; RIZVI, V. (Ed.). **Allelopathy**, 1992. p. 77-85.

HEAP, I. **International survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: <<http://www.weedscience.org/in.asp>>. Acesso em: 14 dez. 2014.

HERBERT, S. J.; LITCHFIELD, G. V. Growth response of short-season soybean to variations in row spacing and density. **Field Crops Research**, v. 9, p. 163-171, 1984.

HOROWITZ, M.; REGEV, Y.; HERZLINGER, G. Solarization for weed control. **Weed Science**, v. 31, n. 2, p. 170-179, 1983.

KNEZEVIC, S. Z.; EVANS, S. P.; MAINZ, M. Row spacing influences the critical timing for weed removal in soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v. 17, p. 666-673, 2003.

MARCHI, G.; SILVA, M. R.; MARCHI, E. C. **Uso de lança-chamas e radiação infravermelha no controle de plantas daninhas**. Embrapa Cerrados, 2008. 21 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 225).

MEESE, B. G.; CARTER, P. R.; OPLINGER, E. S.; PENDLETON, J. W. Corn/soybean rotation effect as influenced by tillage, nitrogen, and hybrid/cultivar. **Journal of Production Agriculture**, v. 4, n. 1, p. 74-80, 1991.

MIYAZAKI, D. M. Y.; PITELLI, R. A. Estudo do potencial do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) como agente de controle biológico de *Egeria densa*, *E. najas* e *Ceratophyllum demersum*. **Planta Daninha**, v. 21, p. 53-59, 2003. Número especial.

PAES, J. M. V. REZENDE, A. M. Manejo de plantas daninhas no sistema plantio direto na palha. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 208, p. 37-42, 2001.

PAULA, J. M.; VARGAS, L.; AGOSTINETTO, D.; NOHATTO, M. A. Manejo de *Conyza bonariensis* resistente ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 29, n. 1, p. 217-227, 2011.

PITELLI, R. A. Competição e controle de plantas daninhas em áreas agrícolas. **Série Técnica IPEF**, v. 4, n. 12, p. 1-24, 1987.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. Biologia e controle de plantas daninhas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Universidade Federal de Viçosa, 2007a. 367 p.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SANTOS, J. B. Métodos de controle de plantas daninhas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Universidade Federal de Viçosa, 2007b. 367 p.

SILVA, A. A.; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; TIRONI, S. P.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; AGNES, E. L. Sistema de plantio direto na palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Revista Ceres**, v. 56, n. 4, p. 496-506, 2009.

TESSMANN, D. J. Controle biológico: aplicações na área de ciência das plantas daninhas. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Omnipax, 2011, p. 79-94.

VAN DER WEIDE, R. Y.; BLEEKER, P. O.; ACHTEN, V. T. J. M.; LOTZ, L. A. P.; FOGELBERG, F.; MELANDER, B. Innovation in mechanical weed control in crop rows. **Weed Research**, v. 48, n. 3, p. 215-224, 2008.

WEST, T. D.; GRIFFITH, D. R.; STEINHARDT, G. C.; KLADIVKO, E. J.; PARSONS, S. D. Effect of tillage and rotation on agronomic performance of corn and soybean: twenty-year study on dark silty clay loam soil. **Journal of Production Agriculture**, v. 9, n. 2, p. 241-248, 1996.

YORINORI, J. T.; GAZZIERO, D. L. Control of milkweed (*Euphorbia heterophylla*) with *Helminthosporium* spp. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE BIOLOGICAL CONTROL OF WEEDS, 7., 1990, Rome. **Proceedings...** USDA-ARS, 1990. p. 571-578.

ZIMDAHL, L. C. Biological weed control. In: ZIMDAHL, L. C. **Fundamentals of weed science**. Fort Collins: Colorado State University, 1999. 565 p.

ZIMDAHL, R. L. **Fundamentals of weed science**. San Diego: Academic Press, 1993. 450 p.