

Resistência a herbicidas: Rumo a uma compreensão do desenvolvimento Resistência e do impacto das culturas resistentes a herbicidas

Autor (es): William K. Vencill, Robert L. Nichols, Theodore M. Webster, John K. Soteris, Carol MallorySmith, Nilda R. Burgos, William G. Johnson, e Marilyn R. McClelland Fonte: Weed Science, 60 (SP1): 2-30. Publicado por: Weed Science Society of America

<https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00206.1>

URL: <http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/WS-D-11-00206.1>

BioOne (www.bioone.org) É uma organização sem fins lucrativos agregação, on-line de núcleo de pesquisa em ciências biológicas, ecológicas e ambientais. BioOne fornece uma plataforma on-line sustentável para mais de 170 revistas e livros publicados por sociedades sem fins lucrativos, associações, museus, instituições e prensas.

O uso deste PDF, Web site da BioOne, e todo o conteúdo postado e associado indica a aceitação dos Termos de Uso do BioOne, disponível em www.bioone.org/page/terms_of_use .

Uso de conteúdo BioOne é estritamente limitado a uso pessoal, educacional e não comercial. consultas ou direitos comerciais e pedidos de permissão devem ser dirigidos ao editor indivíduo como detentor dos direitos autorais.

Resistência a herbicidas: Rumo a uma compreensão do desenvolvimento Resistência eo impacto das culturas resistentes a herbicidas

William K. Vencill, Robert L. Nichols, Theodore M. Webster, John K. Soteres, Carol Mallory-Smith, Nilda R. Burgos, William G. Johnson, e Marilyn R. McClelland *

Índice

Sumário Executivo	2
I. Introdução: A Síntese das práticas e conceitos Weed Science	3
II. Resistência e Tolerância em Weed Science	12
III. Os impactos ambientais de resistência a herbicidas em culturas	15
IV. Estratégias de gerenciamento de Mudanças espécies de plantas daninhas e desenvolvimento de ervas daninhas resistentes a herbicidas	16
V. Gene fluxo a partir de culturas resistentes a herbicidas	19
Referências Bibliográficas	24

Sumário executivo

Desenvolvimento de culturas resistentes aos herbicidas resultou em alterações significativas para as práticas agronômicas, uma das quais é a adoção de simples e de baixo risco, sistemas eficazes, colheita, produção com menos dependência em solo e requisitos de energia mais baixos. No geral, as mudanças tiveram um efeito ambiental positivo, reduzindo a erosão do solo, o uso de combustível, na lavoura, eo número de herbicidas com avisos de águas subterrâneas, bem como uma ligeira redução do quociente de impacto ambiental global de uso de herbicidas. No entanto, herbicidas exercer uma pressão elevada a seleção em populações de plantas daninhas, e densidade e diversidade de comunidades de plantas daninhas mudar ao longo do tempo em resposta a herbicidas e outras práticas de controle que lhes são impostas. O uso repetido e intensiva de herbicidas com os mesmos mecanismos de ação (MOA; o mecanismo na planta que afecta prejudicialmente o herbicida de modo a que a planta sucumbe ao herbicida; por exemplo, inibição de uma enzima que é vital para o crescimento das plantas ou a incapacidade de uma planta de metabolizar o herbicida antes de ter feito o dano) pode rapidamente seleccionar para se desloca para, ervas daninhas tolerantes de difícil controlo e a evolução de ervas daninhas resistentes a herbicidas, especialmente na ausência do uso concomitante de herbicidas com diferentes mecanismos de ação ou o uso de práticas mecânicas ou culturais ou ambos.

O objetivo deste trabalho é apresentar os princípios básicos de manejo de plantas daninhas, para definir resistência ao herbicida e tolerância

DOI: 10,1614 / WS-D-11-00.206,1

* Primeiro autor: Professor, Departamento de cultura e do solo Ciências da Universidade de Georgia, Edifício 3111 Miller Plant Science, 120 Carlton Street, Athens, GA 30502; segundo autor: Cotton Incorporated, 6399 Weston Parkway, Cary, NC 27513; terceiro autor: Pesquisa Agrônoma, Proteção de Cultivos e Unidade de Gestão de Investigação, Serviço de Pesquisa do USDA-Agrícola, Tifton, GA 31794; quarta autor: Global de chumbo Weed manejo da resistência, do Departamento de Assuntos Científicos, Monsanto Company, 800 N. Lindburgh Boulevard, St. Louis, MO 63167; quinta autor: Professor, Departamento de Cultura e Ciência do Solo, Universidade do Estado de Oregon, Corvallis, OR 97331; sexto e oitavo autores: professor e assistente de pesquisa do Departamento de Colheita, Solo e Ciências Ambientais da Universidade de Arkansas, 1366 Oeste Atheimer Drive, Fayetteville, AR 72704; sétimo autor: Professor, Departamento de Botânica e Fitopatologia da Universidade Purdue, West Lafayette, IN 47907-1155. do autor correspondente E-mail: wvencill@uga.edu

e como eles afetam a produção agrícola e são afetados por práticas de gestão e apresentar os impactos ambientais de culturas resistentes a herbicidas. Este artigo irá resumir os aspectos de resistência a herbicidas em cinco seções diferentes: (1) uma descrição das práticas e conceitos básicos de gestão de ciência erva daninha, (2) definições de resistência e tolerância em ciência erva daninha, (3) os impactos ambientais de culturas resistentes a herbicidas, (4) as estratégias de gestão de espécie de ervas daninhas e ervas daninhas turnos resistentes a herbicidas e aprovação pela comunidade agrícola, e (5) potencial gene de fluxo a partir de culturas resistentes aos herbicidas.

Seção 1: Introdução. Para evitar ou retardar o desenvolvimento de ervas daninhas resistentes, um programa diversificado e integrado de práticas de manejo de plantas daninhas é necessário para minimizar a dependência de herbicidas com o mesmo MOA. Weed diversidade gestão deve incluir estratégias de controle de plantas daninhas herbicidas e nonherbicida. Uma estratégia nonherbicida é a prevenção do movimento físico de sementes de ervas daninhas ou propágulos para áreas não infestadas por equipamento de limpeza, usando sementes de culturas limpo, impedindo o movimento de estruturas reprodutivas de plantas, e pela aferição atempada de campos e o controle de ervas daninhas que escapam controlo herbicida. Outros métodos são a utilização de controle biológico e técnicas de controle culturais: rotação de culturas, culturas de cobertura (incluindo aqueles com actividade a-allelopathic capacidade para suprimir o crescimento de outras plantas por agentes químicos libertados a partir da planta allelopathic), intercaladas, coberturas, gestão da água, e manipulação de datas de plantio das culturas, as taxas de sementeira, escolha cultivar, adubação e espaçamento entre linhas. Estes métodos podem ser usados para dar a safra uma vantagem competitiva sobre as ervas daninhas. Por exemplo, as rotações de culturas melhorar o controlo de ervas daninhas, alterando periodicamente a comunidade de ervas daninhas porque várias culturas diferentes em plantação e colheita datas, hábito de crescimento, capacidade competitiva, requisitos de fertilidade, e práticas de produção associados, favorecendo, assim, diferentes associações de ervas daninhas e permite a utilização de herbicidas que têm diferentes MOAs. datas de plantio pode atrapalhar a temporada de crescimento de uma erva daninha, e preparo afeta culturas e plantas daninhas interações. Embora não haja um lugar para o cultivo no manejo da resistência, a produção de conservação de plantio direto oferece muitos benefícios para produtores (entre eles, economia de tempo, trabalho, uso do equipamento, e combustível; fixação do azoto quando leguminosas são usadas como culturas de cobertura; diminuiu a erosão do solo pelo vento e pela água; e aumento da lavoura do solo), e sua sustentabilidade devem ser protegidos.

Seção 2: Resistência e Tolerância. Para evitar confusão sobre as diferenças na tolerância das plantas e a resistência das plantas, Weed Science Society of America (WSSA) definidos ambos os termos. Tolerância " é a capacidade inerente de uma espécie para sobreviver e reproduzir após tratamento com herbicida. Isto implica que não havia nenhuma selecção ou manipulação genética para tornar a planta tolerante; é naturalmente tolerante. " A tolerância é a base para a selectividade na utilização de herbicidas, em que as ervas daninhas são determinados

susceptíveis aos efeitos de um herbicida que a colheita pode facilmente suportar. Resistência é a capacidade herdada de uma planta para sobreviver e reproduzir após a exposição a uma dose de herbicida normalmente letal para o tipo selvagem. Em uma planta, a resistência pode ser de ocorrência natural ou induzida por técnicas tais como engenharia genética ou selecção de variantes produzidas por cultura de tecidos ou mutagenese. "

resistência a herbicidas em ervas daninhas é um problema global. A partir do início de 2012, 372 únicos biótipos, resistentes a herbicidas foram confirmados em todo o mundo. Os Estados Unidos têm 139 desses biótipos, a Austrália tem 60, o Canadá tem 52, a França ea Espanha têm 33 cada, o Brasil tem 25, a Alemanha tem 26, Israel tem 27, o Reino Unido tem 24, e há de 1 a 19 na maioria dos outros países com agricultura intensiva. Cada um destes biótipos é resistente a pelo menos um herbicida MOA, e muitas MOAs ter seleccionado para um certo número de ervas daninhas resistentes. Por exemplo, 116 biótipos são resistentes a acetolactato-sintase (ALS) -inhibiting herbicidas (por exemplo, chlorimuron, piritiobac, imazaquin), e existem 21 resistentes ao glifosato biótipos-13 deles nos Estados Unidos.

O advento de ervas daninhas resistentes a herbicidas, no entanto, não começou com culturas resistentes a herbicidas; ervas daninhas resistentes têm vindo a evoluir em cultivares de culturas em todo o mundo convencionais de pressão de selecção colocado em cima delas a partir de uma utilização repetida de herbicidas. Uma planta não evolui, porque a resistência herbicidas causar uma alteração genética na planta que faz com que seja resistente. Em vez disso, algumas plantas com resistência natural ao herbicida sobrevive uma aplicação do herbicida, e em que essas plantas se reproduzem e cada geração é exposta ao herbicida, o número de plantas resistentes na população aumenta até que dominam a população de plantas susceptíveis.

Seção 3: Environmental Impactos de herbicidas
Culturas resistentes. A mobilização de conservação utilizado na produção de culturas aumentou, em parte, devido à adopção de herbicidas de largo espectro e de culturas resistentes aos herbicidas. Adopção de lavoura de conservação nos Estados Unidos desde 1982 é creditado com a reduzir a erosão do solo média por 30%, aumentando a quantidade de carbono do solo, e redução de CO₂ emissões. De 1996 a 2005, anos de adopção rápida de plantas geneticamente modificadas, o uso global de pesticidas, incluindo herbicidas, foi reduzida em 224 milhões de kg ia (uma

redução de 6,9%), e o impacto ambiental global associada com a utilização de pesticidas nas culturas em questão foi reduzida em 15,3%. O número de herbicidas que exigiam Agência de Protecção Ambiental dos EUA (USEPA) rotulagem águas subterrâneas aviso foi reduzida em 60% ou 7,7 milhões de kg. Relatórios sobre o efeito de plantas resistentes a herbicidas sobre a biodiversidade variam, com alguns indicando que a diversidade vegetal é afetado no início da temporada, mas não mais tarde, e algumas mudanças de ervas daninhas de relatórios, mas sem mudanças na densidade de plantas daninhas ou diversidade.

Secção 4: Estratégias de Gestão de Mudanças espécies de plantas daninhas e ervas daninhas resistentes a herbicidas e adopção pela Comunidade Agrícola. práticas de gestão de ervas daninhas resistentes a herbicidas mais frequentemente recomendadas por cientistas de ervas daninhas incluem (1), utilizando diferentes MOAs herbicidas em rotação anual, misturas de tanque, e aplicações sequenciais; (2) que adopta rotações de culturas que permitem o uso de MOAs alternativos ou que mudam o equilíbrio de ervas daninhas num campo, ou ambos; (3) a expansão da utilização de medidas de controlo culturais, tais como o aumento das taxas de sementeira e datas de plantação alterados; (4) usar

marcado taxas de herbicidas em épocas de aplicação marcados; (5) que impedem o movimento da semente e a semente da colheita utilizando limpo; (6) os campos de aferição; e (7) que controla a fugas de ervas daninhas. Uma compreensão da percepção produtor de manejo de plantas daninhas e resistência a herbicidas informa cientistas de ervas daninhas a respeito de onde e como melhor concentrar os programas de educação e formação. Estratégias para melhorar a educação sobre a resistência a herbicidas incluem: (1) expansão esforços por cientistas da universidade e da indústria para compreender as percepções de manejo de plantas daninhas dos agricultores, práticas recomendadas de gestão de resistência e ervas daninhas resistentes a herbicidas; (2) implementação de comunicação que é mais eficaz e programas de educação cultivador; e (3) as estratégias de gestão de publicação concebido para resolver a mitigação e gestão de ervas daninhas resistentes a herbicidas.

Seção 5: Gene fluxo a partir de culturas resistentes a herbicidas. Suscitar preocupações com culturas resistentes a herbicidas, as culturas transgênicas, especialmente, é a possibilidade da transferência de material genético de uma população de plantas ao outro. Preocupações incluem plantas de cultivo resistentes a herbicidas tornando-se as ervas daninhas em outras culturas, a transferência do gene de resistência às culturas da mesma espécie ou de parentes silvestres ou daninhas, e a presença acidental de material genético indesejada em produtos cereais, alimentos para animais, ou de alimentos. O fluxo de genes através do pólen e sementes de ambos transgênico e convencionalmente produzido, culturas resistentes a herbicidas tem sido documentada. Em geral, o fluxo de genes através do pólen ocorre em distâncias relativamente curtas, porque o pólen é viável para apenas algumas horas ou dias. Circulação de sementes, no entanto, pode ocorrer em qualquer ponto desde o plantio até o destino final da safra.

Novas variedades de culturas resistentes aos herbicidas continuará a ser libertado, alguns com resistência para mais do que um herbicida. Tal como acontece com a nova tecnologia em geral, os benefícios das culturas herbicideresistant deve ser pesado contra os seus riscos e práticas de gestão deve ser utilizado que reduzir os riscos, mesmo menores, tanto quanto possível. O uso de cultivos resistentes a herbicidas é uma ferramenta valiosa na agricultura, e os esforços para tornar o seu uso sustentável deve continuar.

Introdução

A Síntese das práticas e conceitos Weed Science. Todos os meios utilizados para a gestão das pragas impor a selecção genética nas populações tratadas. Quando a seleção ocorre dentro de um suficientemente grande população, os indivíduos que não são afectadas ou menos afetada do que a população em geral podem sobreviver e produzir descendentes em sucessivas gerações. comunidades de plantas daninhas têm evoluído ao longo do tempo em resposta a controlar práticas que lhes são impostas. Para o último meio século, o principal método de manejo de plantas daninhas em culturas comerciais nos Estados Unidos e na maioria dos países desenvolvidos tem sido o uso de herbicidas. ervas daninhas resistentes a herbicidas tem sido um problema desde o início dos anos 1970 (Timmons 1970), embora tenha sido descrito como um potencial problema tão cedo como 1957 (Hilton 1957; Switzer, 1957). ervas daninhas resistentes têm vindo a evoluir em todo o mundo de pressão de selecção causada pelo uso repetido de herbicidas com o mesmo mecanismo de acção (MOA) em cultivares de cultura convencionais. No entanto, " evolução da resistência " não significa que um herbicida muda directamente de uma planta geneticamente (ou seja, através de mutações que causam). Em vez disso, o herbicida selecciona para plantas com um certo nível de resistência genética natural para que MOA.

culturas resistentes a herbicidas, no entanto, têm sido desenvolvidos para suportar o tratamento com um herbicida que o cultivar convencional não pode tolerar. Nem todas as culturas resistentes a herbicidas

são um produto de inserção de genes (transgênicos). No entanto, a introdução de transgênicos, cultivares de culturas resistentes aos herbicidas mudou substancialmente virtualmente todos os aspectos do manejo de ervas daninhas e alterada a pressão de seleção de herbicidas em populações de plantas daninhas por causa de mudanças significativas no uso de herbicidas. As culturas transgênicas resistentes ao glifosato são agora cultivadas em aproximadamente 70 milhões de hectares em todo o mundo (Price et al. 2011) e dominar a produção de milho (*Zea mays* L.), soja [*Glycine max* (L.) Merr.], Algodão (*Gossypium hirsutum* L.), canola e (*Brassica napus* EU.). tecnologia de cultura transgênica tem permitido a utilização do glifosato herbicidas de largo espectro e glufosinato. A utilização destes herbicidas intensifica seleção de populações de ervas daninhas contra esses MOAs porque o uso repetido de um único, de largo espectro MOA substitui o uso de múltiplos MOAs tratamento de solo. A utilização de culturas resistentes a herbicidas criada uma redução na diversidade de técnicas de gestão de erva daninha anteriormente empregados sobre grandes áreas.

A única lição, mais importante aprendida na gestão de resistência de plantas daninhas a herbicidas é que a manutenção de uma diversidade de táticas de manejo de plantas daninhas é fundamental para sustentar o uso de opções de herbicidas. Dependência excessiva de um único herbicida ou um grupo de herbicidas pertencentes ao mesmo grupo MOA sem a utilização concomitante de outras opções de gestão de ervas daninhas tem encorajado a evolução de populações de ervas daninhas resistentes a estes herbicidas utilizados intensivamente. A introdução deste papel irá proporcionar uma compreensão de ervas daninhas gestão-estratégias de prevenção de base, técnicas mecânicas e culturais, métodos biológicos, e gestão e herbicida como afectam populações de plantas daninhas em culturas convencionais e resistentes a herbicidas. Estes são táticas usadas para desenvolver e manter a diversidade de práticas de manejo para mitigar a evolução de ervas daninhas resistentes.

O resto do artigo irá rever o conhecimento atual de e preocupações sobre, culturas e ervas daninhas resistentes a herbicidas em agroecossistemas, nas seguintes seções: (1) as definições e informações básicas sobre resistência a herbicidas e tolerância; (2) desloca população de ervas daninhas; (3) os efeitos ambientais de culturas herbicidaresistente, especialmente culturas transgênicas; (4) a adoção de estratégias de gestão de ervas daninhas resistentes; e (5) o potencial para o fluxo de genes a partir de culturas resistentes aos herbicidas para outras plantas. Esta avaliação irá fornecer um fundo para compreender a adoção das melhores práticas de gestão (BMPs) e as recomendações oferecidas no papel que o acompanha.

Descrição de uma erva daninha. Para chamar uma planta uma erva daninha é relacionar essa planta ao ambiente humano. Weeds são as plantas que crescem em que a sua presença pode interferir com a intenção humano: em culturas, jardins, pastos, relvados, varia, e paisagens; ao longo de vias; nas áreas de comércio e recreação; e em áreas naturais, em que as espécies invasoras podem alterar a flora nativa. intenções humanas definir as ervas daninhas, e as actividades humanas suportar fisicamente estabelecimento de plantas daninhas e propagação. Perturbação do ambiente cria oportunidades para as plantas cujas capacidades biológica predispô-los para colonizar rapidamente espaço aberto. Muitas das ervas daninhas que infestam sistemas de cultivo anuais são as espécies de plantas mais adequadas para colonizar habitats frequentemente perturbados. A composição das espécies de ervas daninhas e ditribution de qualquer dada área são influenciadas por factores ambientais e biológicos que determinam o tipo de habitat (Radosevich et al., 1997). Factores ambientais,

interacções de culturas-ervas daninhas, insectos, patogénios de plantas, e outros biotas na área, afectar a composição das espécies de ervas daninhas. Como espécies alterar, composição e distribuição de ervas daninhas são ainda afectada por esforços humanos para controlar ervas daninhas em uma cultura.

Categorias comuns e métodos específicos de Nonherbicidal Weed controle. Uma gestão integrada da erva daninha (IWM) ou programa de manejo integrado de pragas de ervas daninhas é desenvolvido através da combinação de estratégias de vários grandes categorias de táticas de controle de ervas daninhas: controle preventivo, cultural, mecânica, biológica e química (herbicidas).

Prevenção. A prevenção é um dos mais básicos de métodos de controle de plantas daninhas (Buhler, 2002). Esta tática, que usa métodos para evitar a introdução de uma erva daninha em uma área ou a evitar a sua propagação, é uma parte vital de um programa IWM. As leis que regulam a pureza das sementes e que proíbem a propagação de ervas daninhas contribuir para a prevenção. Outros métodos incluem culturas de plantação que não são contaminados por sementes de erva daninha; limpeza de máquinas de campo, de modo que as sementes de ervas daninhas e propágulos não será transportado para outros campos; e prevenção da disseminação de propágulos de ervas daninhas por transporte de gado, adubos, ou composto, ou por meio de irrigação ou de drenagem das águas (Walker, 1995). aferição atempada dos campos, um outro método preventivo, permite a detecção precoce de descontrolada,

O controle cultural. manejo de plantas daninhas cultural refere-se a práticas agronômicas que utilizam competitividade da cultura para maximizar o seu crescimento enquanto diminui o crescimento e subsequente competitividade de ervas daninhas associadas. O interesse no controle de plantas daninhas cultural foi renovado em 1980 e 1990 por causa de reduções obrigatórias, impostas pelo governo no uso de pesticidas em países europeus e crescente apoio público para reduções similares na América do Norte (Hansen e Zeljkovich 1982; Rei e Buchanan 1993; Liebman e Dyck 1993b). estratégias incluem culturais tais como táticas a rotação de culturas, melhorar a concorrência das culturas através de seleção de variedades de culturas e data de sementeira, e otimizar as densidades (Beckie e Gill 2006; O'Donovan et al 2007.).

Rotação de colheitas. Antes da introdução dos herbicidas modernos na década de 1940, a rotação de culturas era o principal método de controlo de ervas daninhas. A rotação de culturas é um método de prevenir deslocamentos de plantas daninhas (mudança na composição ou frequências relativas de ervas daninhas em uma população de plantas ou comunidade por causa do ambiente ou práticas agronômicas que favorecem uma espécie sobre a outra). Por exemplo, uma rotação do arroz (*Oryza sativa*

L.) para colheitas tais como o algodão, tomate (*Lycopersicon esculentum* L.), açafrão (*Carthamus tinctorius* L.), sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench. ssp. bicolor], ou trigo (*Triticum aestivum* L.) reduzida populações de ervas daninhas aquáticas na produção de arroz inundado (Hill e Bayer, 1990). A milha verde [*Setaria viridis* (L.) Beauv.] População era de 960 plantas m²² em monocultura ou trigo de 3,5 m²² em trigo, com uma rotação de pousio verão (Dyck Liebman e 1993a). Em uma monocultura de milho, uma única espécie de ervas daninhas composta de 94% de ervas daninhas presentes, enquanto que numa rotação de milho trigo, não há uma única espécie contribuiu com mais de 43% do total das ervas daninhas presentes (Liebman e Dyck 1993a).

A rotação de culturas melhorar o controlo de ervas daninhas, alterando periodicamente a comunidade de ervas daninhas porque várias culturas diferentes em plantação e colheita datas, hábito de crescimento, capacidade competitiva, requisitos de fertilidade, e práticas de produção associados, favorecendo, assim, diferentes associações de ervas daninhas (Buhler 2002; Forcella et al., 1993; O'Donovan et al., 2007). As ervas daninhas podem adaptar-se a uma colheita específico (Labrada 2006), e uma rotação entre diferentes tipos de culturas pode ajudar a quebrar o ciclo de ervas daninhas adaptados (Buhler 2002). Ecologicamente, a rotação de culturas podem habitar nichos que as ervas daninhas ocupados na cultura anterior, ou pode ser uma cultura altamente competitivo impede que as ervas daninhas de prosperar e produzir sementes (Melander e Rasmussen

2001). O uso de herbicidas em diferentes culturas pode também resultar no controlo de espécies diferentes. Por exemplo, uma colheita de forragem (milho, sorgo, trigo, arroz ou) pode ser rodado com uma cultura de folha larga, tais como de soja; herbicidas utilizados na cultura de folha larga pode efectivamente controlar ervas daninhas de relva que não foram bem controlados na colheita grama. Antes de herbicidas mais eficazes foram introduzidas para o controlo de grama no arroz, uma das recomendações para o controlo do arroz vermelho (*Oryza sativa* L.) em arroz comercial estava a rodar a soja, em que os herbicidas para controlar gramíneas poderia ser usado de forma mais eficaz.

Para a gestão de resistência, a rotação de culturas permite a introdução de herbicidas que têm diferentes MOAs para evitar a utilização sucessiva de uma única MOA (Anderson et al 1999; Buhler 2002; CARH 2009a). Além disso, o ciclo de vida da planta daninha pode ser interrompido ou evitadas por rotação de culturas (2009a CARH). Culturas com diferentes tempos de plantio e diferentes práticas de produção permitem uma variedade de técnicas culturais para ser usado para otimizar a competitividade das culturas em detrimento do crescimento de ervas daninhas e reprodução.

As culturas de cobertura, intercaladas, e coberturas. As culturas de cobertura são uma forma de minimizar as populações de ervas daninhas, mantendo a cobertura vegetal sazonal para evitar a erosão do solo (Moore et al., 1994). A cultura de cobertura é geralmente uma 'colheita " noncash' que pode ser cultivada antes, ou no caso de uma cobertura de estar ou sufocar colheita, com, uma colheita de dinheiro para que a cobertura vegetal permanece no campo por tanto tempo quanto possível durante o ano (Melander et al., 2005). Várias vantagens acumular a partir de culturas de cobertura. Eles ajudar os produtores a atender aos requisitos de conservação de plantio direto para cobertura vegetal yearround; auxílio na prevenção da erosão do solo; melhorar a estrutura do solo e, muitas vezes, teor de matéria orgânica; proteger as plantas em áreas arenosas de lesão areia golpe; fixar o azoto se a cultura de cobertura é uma leguminosa; e possivelmente suprimir a emergência de plantas daninhas e crescimento (Akemo et al 2000; Krutz et al 2009; Melander et al 2005; Norsworthy et al 2011; Snapp et al. 2005; Teasdale 1998). Alguns estudos mostraram que as culturas de cobertura pode fornecer controlo de ervas daninhas no início do período suficiente para que uma aplicação PRÉ de herbicida pode ser eliminado (Ateh e boneca 1996; Fisk et al, 2001; Isik et al 2009; Malik et al 2008; Reddy 2001) . Supressão de ervas daninhas por culturas de cobertura depende, em parte, a produção de biomassa da cultura. Numa comparação de culturas nove tampa em Kentucky, biomassa a partir de centeio de cereais (*Secale cereale* L.) e trigo foi maior do que a partir de festuca (*Festuca*) espécies e legumes, desde uma situação plantação mais compatível para o mudas estabelecimento de soja, e forneceu maior supressão do crescimento de ervas daninhas. Algumas plantas de cobertura também têm potencial alelopático (discutido em uma seção posterior). sistemas de cultura do que incluíam solo para estimular a germinação de sementes de ervas daninhas, seguido por uma cultura de cobertura para suprimir o crescimento de ervas daninhas, resultou numa diminuição significativa na erva daninha

banco de sementes (Mirsky et al. 2010). Embora solo pode não ser desejável para muitos produtores de linha para as culturas, o Mirsky et al. (2010) resultados demonstram o sucesso de métodos integrados na redução do banco de sementes de plantas daninhas.

Consortiação (crescente duas colheitas de caixa em simultâneo) também tem sido utilizada para reduzir o crescimento de ervas daninhas (Liebman e Davis, 2000; Liebman e Dyck 1993a; Melander et al 2005). combinações Intercropping para permitir a exploração dos recursos mais disponíveis em comparação com uma cultura e pode suprimir o crescimento de ervas daninhas por utilização desses recursos (Ballare e Casal 2000; Liebman e Dyck 1993b). Consórcio sorgo com caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walpers] resultou em baixas densidades de ervas daninhas e de ervas daninhas menos matéria seca do que o fez o sorgo sozinho, porque o feijão-frade interceptado luz e utilizado N, P, K e que foram, em seguida, disponível para o crescimento de ervas daninhas (Abraham e Singh, 1984). populações de sementes de ervas daninhas também diminuíram devido a consórcio (Wilson e Phipps, 1985), que também é uma ferramenta para manter a diversidade ecológica (Barberi 2002). Consórcio é muitas vezes aceito pelos produtores por causa de renda a partir de duas culturas de rendimento (Barberi 2002; Melander et al., 2005).

coberturas não vivas são outros meios de reduzir a infestação de ervas daninhas. Coberturas de pode consistir de materiais orgânicos, tais como casca de árvore, palha, ou compostos de areia (Niggli et al., 1990), ou de materiais inorgânicos, tais como coberturas de plástico. coberturas de plástico preto são amplamente utilizados em culturas de alto valor, tais como plantas ornamentais e produtos horticolas (Bangarwa et al. 2009). Eles impedir a luz de atingir a superfície do solo, inibindo assim o crescimento de ervas daninhas, e pode conservar a humidade do solo e reduzir a dissipação de herbicida (Bangarwa et al. 2009, 2011). mulch Preto polietileno é usado frequentemente em tomate, pimentão (*Capsicum annuum*

L.), e algumas ervas. Ele ervas daninhas efetivamente controlados em manjerição (*Ocimum basilicum* L.) e alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.), mas não em salsa [*Petroselinum crispum* (Mill.) Nyman ex AW Colina] (Richards e Whytock 1993).

Embora estes métodos de controlo cultural adicionar despesa para os custos de produção totais (Snapp et al., 2005), o custo para o estabelecimento de culturas de cobertura e comprar coberturas pode vir a ser uma alternativa melhor do que o custo de controlar ervas daninhas que desenvolveram resistência.

Plantio Data. Colheita data de plantio pode afetar a gravidade de uma infestação de plantas daninhas. surgimento rápido e consistente da cultura é fundamental para o seu sucesso e vantagem competitiva sobre as ervas daninhas associadas. Culturas semeadas muito precoce pode emergir lentamente e tem estabelecimento desigual, o que os torna mais susceptível a competição de ervas daninhas (Lutman 1991; Radosevich et al 1997). No entanto, colheita data de plantio pode ser manipulado para fornecer a cultura uma vantagem competitiva sobre as ervas daninhas (Walsh e Powles 2007; Williams 2006). semente retardada é utilizado em estratégias de IWM na Austrália para ajudar a gerenciar azevém resistente a herbicidas (*Lolium* spp.) (Walsh e Powles 2007). O atraso na semente da cultura por 2 semanas permite surgimento de ervas daninhas anuais que podem ser controlados com um herbicida não seletivo antes de plantar (Walsh e Powles 2007). O'Donovan et al. (2007) sugerem que a semente das culturas tarde, com o controlo de ervas daninhas por lavoura ou herbicidas antes do plantio, pode ser uma vantagem em áreas com ervas daninhas emergentes início, como aveia selvagem (*Avena fatua* L.), enquanto a estação de crescimento não é muito curto para arriscar um atraso no plantio. Williams (2006) relataram que a táticas de manejo de plantas daninhas em milho doce Junho-plantadas foram menos intensos do que aqueles no milho May-plantada, devido à maior pressão de ervas daninhas em maio.

Cortar Cultivar Choice. cultivares de culturas que amadurecem em taxas diferentes ou que tenham diferentes capacidades competitivas podem ser usadas para suprimir a população de ervas daninhas e crescimento de ervas daninhas (Froud-Williams 1988; Richards 1989). Uso de cultivos competitivos foi examinada em culturas tão variados como vegetais e grãos na produção de culturas orgânicas (Barberi 2002), soja (Nordby et al 2007.), Canola (Beckie et al 2008; Blackshaw et al 2008; Harker et al., 2003), trigo (Wicks et al., 2004), amendoim (*Arachis hypogaea* L.) (Place et al 2010), arroz (de Vida et al 2006; Gealy et al 2003), e as batatas (*Solanum tuberosum*

G.) (Colquhoun et al. 2009). Factores que afectam a capacidade competitiva incluem altura, densidade, área foliar, afilamento, tipo de copa, potencial alelopático, e diferenças de cultivares em competição para a luz, água, e nutrientes do solo (Grundy et al 1992; Lotz et al 1991; Moss, 1985; Pys ek e Leps 1991; Richards e

Whytock 1993; Standifer e Beste 1985). Por exemplo, as variedades mais cedo libertadas de canola foram concorrentes pobres, mas cultivares híbridas eram mais competitivo de ervas daninhas que foram as cultivares anteriores e tiveram rendimentos mais elevados (Blackshaw et al. 2008). **capim [*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.] Foi consistentemente** suprimido numa maior extensão por altamente competitivo, de alto rendimento cultivares de arroz asiático do que era por US cultivares 'Starbonnet', 'Kaybonnet', 'Lemont', e 'Cypress', sugerindo que o crescimento de ervas daninhas cultivares de arroz -supressive poderia ser um componente de uma estratégia de gestão de ervas daninhas eficaz e económico para o arroz (Gealy et al., 2003). Embora cultivares podem não diferencialmente eliminar ervas daninhas, os seus potenciais de rendimento pode ser diferente na presença de ervas daninhas (Colquhoun et al. 2009).

Taxa de sementeira. O aumento da colheita densidade populacional pode melhorar a capacidade competitiva de uma cultura contra as ervas daninhas por causa do desenvolvimento da copa rápida. densidades de sementeira aumento são usados como uma estratégia de manejo de plantas daninhas no trigo de sequeiro da Austrália para gerenciar **azevém rígida resistente a herbicidas (*Lolium rigidum*** Gaudin) (Gill e Holmes, 1997; Walsh e Powles 2007). Lemerle et al. (2004) relataram reduzida biomassa azevém com taxas de sementeira de trigo que o **aumento da densidade de trigo a partir de 100 a 200 plantas m². O aumento das** taxas de sementeira de trigo de inverno também reduzido o número de cabeças de **florescência de blackgrass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) E a biomassa total de** aveia estéril (*Avena sterilis* G) (Anderson, 1986; Froud-Williams

1988). O aumento da densidade de culturas e de linha estreita larguras foram usadas para **reduzir a capacidade competitiva da aveia selvagem em cevada de Primavera (*Hordeum vulgare* G.)** (Anderson, 1986). Maiores taxas de sementeira de cártamo acelerou a formação de copas densas e uma maior competitividade cultura com espécies de ervas daninhas associadas (Blackshaw e O'Donovan 1993). O aumento da taxa de sementeira **de trigo a partir de cerca de 60 a 90 kg ha² ajudou ervas daninhas resistentes ao combate** e aumentar os rendimentos (Llewellyn et al.

2004). Por causa dos benefícios, o aumento da taxa de sementeira é agora uma prática padrão na produção de culturas de sequeiro da Austrália (Walsh e Powles 2007).

Espaçamento entre linhas. Na maior parte das culturas, um menor espaçamento entre linhas pode aumentar a competitividade de uma cultura, permitindo que a colheita de modo a formar uma copa mais rapidamente e interceptar mais luz em relação às ervas daninhas associadas (Arce et al 2009; Norsworthy e Oliveira 2004; Norsworthy et al. 2007). largura cultura em fileira reduzida foi mostrado para favorecer o desenvolvimento das culturas em detrimento de ervas daninhas em soja (Anaele e Bishnoi 1992; Freed et al 1987;.. Mais difícil et al 2007) (*Vories et al 2001*), de algodão, de amendoim, eo de milho (Froud-Williams, 1988). Gunsolus (1990)

relatado que a soja era mais adequado do que o milho se beneficiar das vantagens competitivas oferecidas pelo espaçamento entre linhas e plantio tardio porque normalmente atinge fechamento do dossel mais lentamente do que o milho faz. Algodão plantadas em filas de 53 cm produziu maiores rendimentos do que os de algodão plantadas em filas de 79 ou 106 cm, e apenas 6 semanas de manutenção livres de ervas daninhas para o rendimento máximo necessário, enquanto que o algodão plantadas em filas e 79- 106 cm exigido 10 e 14 sem, respectivamente, de condições livres de ervas daninhas para se obter um rendimento óptimo (Rogers et al.

1976).

Fertilidade do solo. Competição na rizosfera de nutrientes e de humidade é particularmente importante para a competitividade e vigor da cultura com espécies de ervas daninhas associadas. As eficiências relativas de aquisição de nutrientes pelas culturas e ervas daninhas pode ser responsável pelas diferenças na competição acima do solo para a luz (1984 Aldrich; Siddiqi et al., 1985). A fertilidade do solo pode afetar manejo de plantas daninhas, aumentando vigor da cultura, o que melhora a competitividade da cultura com plantas daninhas associadas. No entanto, a composição de espécies e capacidade competitiva de ervas daninhas também podem ser afetados. Weeds geralmente ocupam fertilizantes mais rapidamente do que as culturas (Alkamper 1976). plantas de milho que **crecem com caruru (*Amaranthus* spp.) continha apenas 58% tanto de azoto (N) como** plantas de milho livres de ervas daninhas (VENGRIS et al.

1955). variedades de culturas variam em sua competitividade relativa para **N. Na competição com foxtail amarelo [*pumila Setaria* (Poir.) Roemer & JA** Schultes], maturação precoce híbridos de milho foram mais competitivo do que para N foram híbridos de maturação final (STANDIFER e Beste 1985).

gestão de nutrientes pode ser utilizado para manipular directamente populações de ervas daninhas (Pys ek e Leps 1991). tratamentos fertilizantes pode ser utilizado em anos de pousio para promover a germinação de sementes de erva daninha; um produtor, em seguida, controla as mudas, reduzindo assim a quantidade de sementes no solo do banco de sementes. Colocação e temporização de fertilizante pode ser manipulado para reduzir a interferência de plantas daninhas em culturas (Blackshaw et al 2003, 2004a, b; Kirkland e Beckie 1998; Melander et al 2003;.. Rasmussen et al 1996). Blackshaw et al. (2004b, 2008) e Kirkland e Beckie (1998) relatou que a N fertilizante aplicado como uma banda de subsolo, em vez de transmissão, uma redução da concorrência de várias espécies de ervas daninhas, incluindo a aveia selvagem, rabo de raposa verde, **mostarda selvagem (*Sinapis arvensis* L.), e lambsquarters comuns (*Chenopodium album* EU.)** Fertilizante aplicado na mola, ao invés de em queda, muitas vezes reduzida biomassa de **ervas daninhas e um maior rendimento de cevada, trigo e ervilha de jardim (*Pisum sativum* L.)** (Blackshaw et al., 2004b, 2005). Nem todas as ervas daninhas, no entanto, responder **igualmente a N. Competitividade da caruru (*retroflexus Amaranthus* L.), espécie** N-responsivas, aumentou à medida que aumentou a taxa N. No entanto, a competitividade aveia selvagem não foi afectada pela taxa de fertilizante N (Blackshaw e Brandt 2008). Este resultado sugere que as estratégias de gestão de fertilizante deverá ser baseado no controle de ervas daninhas, bem como o rendimento da cultura.

Irrigação. Água no início da temporada é importante como uma ferramenta de manejo de plantas daninhas para promover o crescimento da cultura saudável e melhorar a capacidade da cultura de competir com ervas daninhas associadas (Zimdahl 1971). práticas de gestão de água é especialmente importante para o controle de ervas daninhas na produção de arroz (Caton et al., 2002). Inundando campos de arroz é principalmente para controle de ervas daninhas, porque o arroz pode crescer sob condições de inundação onde a disponibilidade de limites de solo saturado com água oxigénio, mas muitas ervas daninhas não podem crescer sob estas condições de baixa oxigenação. Eficaz

a gestão da água é crítica em programas IWM para o arroz (Bhagat et al 1996; Gealy et al., 2003), e o controle de muitas ervas daninhas depende do tempo de inundação e profundidade (Rao et al 2007; Williams et al., 1990), bem como no tamanho de plantas daninhas e uso de herbicidas. Por exemplo, para o controle de arroz vermelho, inundada condições necessárias para ser estabelecido dentro de 14 d após a aplicação pós precoce de imazetapir mas dentro de 7 após a aplicação POST tarde (Avila et al. 2005b).

O tipo e a quantidade de água de irrigação, também pode influenciar a germinação de sementes de ervas daninhas. Emergência das plantas daninhas em tomate foi de 46 a 96% mais baixa com subsuperficial de irrigação por gotejamento do que era com irrigação, e de ervas daninhas emergência em sulcos com o sistema de irrigação por gotejamento foi quase eliminada (Silva et al., 2007). Em *Alface jardim* (sativa *Lactuca L.*), irrigação antes da plantação e cultivo raso 14 d posteriormente reduzida em culturas de plantas daninhas por densidade de até 77% e permitiu o uso eficaz de doses do herbicida mais baixas (Sem-tov et al., 2006).

Alelopatia. O termo alelopatia tem sido utilizada desde 1937, quando Molisch (1937) descreveram primeiro o fenômeno de plantas que afectam um ao outro através da libertação de agentes químicos tóxicos. Um caso bem documentado de alelopatia é a produção de juglone por noqueira preta (*Juglans nigra L.*) para eliminar a vegetação circundante (Weston e Duke, 2003). Alelopatia foi reconhecida como tendo potencial inexplorado como uma ferramenta de gestão de ervas daninhas (a Crutchfield et al, 1985; De Almeida 1985; Purvis et al 1985; Putnam 1994; Putnam Castanho claro e 1988). Alelopatia potencial existe em ambas as ervas daninhas e colheitas. Arroz (Dilday et al., 1991), trigo, cevada, sorgo (Belz 2007; Putnam e DeFrank 1985), centeio (Burgos e Talbert, 2000; Barnes e Putnam 1986; Dhima 2006), rabanete selvagem (*RAPHANUS RAPHANISTRUM L*) (Norsworthy 2003), e várias espécies *Brassicaceae* (Haramoto e Gallandt 2005; Norsworthy et al 2011) têm sido demonstrado que têm potencial alelopático. As espécies da família *Brassicaceae* têm recebido atenção por causa da capacidade conhecida supressora de isotiocianatos, que são derivados a partir de glucosinolatos, produzido por estas espécies, quando as plantas são esmagadas ou decompostas. Norsworthy e Meehan (2005) testaram isotiocianatos para o controle de Palmer amarantho (*palmeri* *Amaranthus*

S. Wats.), Morningglory sem caroço (*Ipomoea lacunosa L.*), e juncinha (*Cyperus esculentus L.*) e encontrou vários que suprimiu emergência de ervas daninhas, reduzindo ainda amarelo tiririca emergência 95%. Em outros estudos, cevada, aveia, trigo, centeio e resíduos de cereais reduzida biomassa total de plantas daninhas e o peso de várias espécies indicadoras (Putnam e DeFrank

1985). Alelopatia actividade podia ser alcançado através da utilização de culturas de cobertura alelopáticas, aleloquímico como herbicidas naturais, ou culturas alelopáticas (Weston e Inderjit 2007). Embora muito se sabe sobre alelopatia, futuras pesquisas são necessárias sobre os mecanismos de seletividade aleloquímico, os modos de libertação, e os efeitos ambientais e de fertilidade sobre a atividade, persistência e potencial para sintetizar produtos bioativos como herbicidas. culturas alelopáticas abrir o potencial para o desenvolvimento de níveis mais elevados de supressão de ervas daninhas através de melhoramento convencional ou biotecnologia (Singh et al., 2003).

Métodos mecânicos com ênfase na lavoura. Antes de emergência da cultura, o tipo de solo utilizado por um produtor, se não lavoura, lavoura cume (limpeza de 3 a 6 cm de solo fora da parte superior do leito de plantação, ou cume, que foi formado no Outono), gradagem (perturbação raso do solo com um dos vários

tipos de grades), arado de aiveca (corte profundo e invertendo a camada de solo), ou alguma outra forma, tem um efeito profundo sobre as interações de culturas e de ervas daninhas. Mais especificamente, solo afecta a capacidade competitiva da colheita e o tipo de espécies de ervas daninhas presentes, e que define o agroecossistema em que a cultura e as ervas daninhas existir (Malhi et al., 1988). Desvantagens do solo como um método de controle de ervas daninhas são lesão potencial colheita com solo na temporada, aumento da incidência da doença, e a falta de controlo residual (Wiese e Chandler 1988). Além disso, o cultivo selectiva é dependente do tempo e se não for efectuada de uma forma atempada, ineficaz. Preparo também é uma das principais razões para a perda de humidade do solo e água aumentada e erosão do vento. Por muitos anos, no entanto, o preparo foi o principal método de controle de plantas daninhas. Moss (1979, 1980, 1985) sistemas de comparação de cultivo (lavoura, cultivo tine e perfuração direta) para o controle de blackgrass na cevada de primavera. infestações Blackgrass em trigo cultivado-tine eram semelhantes aos em trigo directo-perfurados. Em contraste, aração enterrado sementes blackgrass a partir da cultura anterior, a redução das populações blackgrass enterrando a semente a uma profundidade a partir da qual ele não pode emergir. Numa experiência semelhante, a cultura superficial reduzida populações de sementes de ervas daninhas em cereais por 34%, e que ara a uma profundidade de 20 cm infestações blackgrass eliminados (Froud-Williams, 1981). redução das populações blackgrass enterrando a semente a uma profundidade a partir da qual ele não pode emergir. Numa experiência semelhante, a cultura superficial reduzida populações de sementes de ervas daninhas em cereais por 34%, e que ara a uma profundidade de 20 cm infestações blackgrass eliminados (Froud-Williams, 1981). redução das populações blackgrass enterrando a semente a uma profundidade a partir da qual ele não pode emergir. Numa experiência semelhante, a cultura superficial reduzida populações de sementes de ervas daninhas em cereais

O efeito de sistemas de conservação de plantio direto na dinâmica populacional de plantas daninhas foi avaliada em numerosos estudos. Wicks et al. (1994) publicaram os resultados de um estudo de 40 anos em North Platte, NE, em que solo deslocado de arar a gradagem de lavoura cume. No sistema de arado, *kochia* [*scoparia Kochia* (L.) Schrad.], Redroot pigweed, e rabo de raposa verde eram predominantes. gramíneas anuais dominado quando gradagem suplantado arar como o sistema de plantio direto, enquanto preparo cume favoreceu o surgimento de inverno ervas daninhas anuais de folha larga. Do mesmo modo, em áreas de conservação-lavoura, houve um aumento da densidade das ervas daninhas perenes, gramíneas anuais, ervas daninhas pelo vento, e das espécies de plantas nativas que não foram encontrados normalmente no campos cultivados (Donaghy 1980). Bial e ervas daninhas perenes aumentou em sorgo conservação de plantio direto. No Brasil e Argentina, populações de ervas daninhas anuais diminuiu em sistemas de lavoura-zero (Ferrando et al. 1982), mas Zentner et al. (1988) verificaram que as ervas daninhas gramíneas anuais foram favorecidos por sistemas conservationtillage.

Em 1983, Froud-Williams et al. a hipótese de que espécies de ervas daninhas pelo vento pode ser favorecido por sistemas de conservação-lavoura, e desde que este tenha sido demonstrado em vários estudos. Derksen et al. (1993) ervas daninhas dispersa-vento que se verificou serem mais numerosos em sementeira tratamentos. Fay (1990) relatou que as ervas daninhas no (grama) da família Poaceae com sementes suportado pelo vento que não foram bem adaptadas ao enteiro foram favorecidos em sistemas de conservação de plantio direto. Teoriza-se que sementes maiores e mais pesadas têm maiores reservas biológicas a emergir a partir de grandes profundidades no solo em comparação com sementes pequenas.

Hartmann e Nezadal (1990) observaram que a cobertura de ervas daninhas no campo foi reduzida de 80% quando solo foi realizada à luz do dia a 2% após 7 anos quando todas as operações de tratamento do solo foram realizadas entre 1 h depois do sol e 1 h antes do nascer do sol. O sucesso deste sistema é atribuído às sementes de ervas daninhas que requerem luz para a germinação por meio de uma resposta para o foto-receptor, fitocromo (Buhler 1997; Mancinelli 1994; Smith, 1995). A germinação de muitas plantas cultivadas, no entanto, é a luz independente. Os autores hipótese de que este tipo de sistema poderia reduzir as entradas de herbicidas dramaticamente.

sementeira diferida é uma técnica de conservação-solo que combina métodos de controlo de ervas daninhas culturais, mecânicos e químicos. Trata-se de gradagem ou gradagem um campo bem antes da sementeira, a aplicação de um herbicida não selectivo de ervas daninhas que germinam, e plantar a cultura com uma perturbação mínima do solo para reduzir a germinação de sementes de erva daninha (Elmore e Moorman 1988). A técnica incorpora o uso de plantio oportuna, irrigação e controlo de plantas daninhas eficaz com herbicidas pré-plantio. A menos que o controlo de ervas daninhas contínua sem perturbação do solo é utilizado, uma sementeira diferida é um meio de criação de uma cobertura de supressão de ervas daninhas por deixar resíduos vegetativa na superfície e reduzir a penetração da luz para a superfície do solo. Grande crabgrass [sanguinalis Digitaria (L.) Scop.] Foi eliminado a partir das superiores a 2 cm de solo, e as populações de flatsedge (Cyperus spp.) e bluegrass (Poa spp.) espécies foram significativamente reduzidos usando técnicas de sementeira diferida (STANDIFER e Beste 1985).

O " uso criterioso de lavoura " é uma tática que pode atrasar ou gerencia resistência (Beckie e Gill 2006). No entanto, em alguns países, especialmente os Estados Unidos, Argentina e Brasil, a adoção de cultivos resistentes ao glifosato tornou possível para os produtores a adotar a produção de conservação de plantio direto, incluindo plantio direto (Duke e Powles 2009; Givens et al 2009). lavoura de conservação tem muitas vantagens ambientais e económicas, mas a dependência do glifosato como um único método de controlo de plantas daninhas reduziu o uso de controlo de plantas daninhas mecânica, o que reduziu a diversidade de controlo de ervas daninhas, e, por sua vez, colocou grande pressão de seleção sobre as ervas daninhas em glifosato culturas resistentes (Duke e Powles 2009). Os muitos benefícios de lavoura de conservação, no entanto,

Biológica Weed Control. Controlo biológico de ervas daninhas é amplamente definida como a utilização de um agente biológico, um complexo de agentes, ou de processos biológicos para provocar a supressão de ervas daninhas (WSSA 2007). O controlo biológico tem sido utilizado com sucesso como um método de controlo de plantas daninhas prático e economicamente acessível em muitas situações. No entanto, deve ser enfatizado que o controlo biológico raramente tem sido utilizado em situações agrícolas anuais para que provavelmente não terá um papel a desempenhar no controlo de plantas daninhas resistentes a herbicidas em culturas resistentes a herbicidas. controlo biológico clássico, que é o controlo biológico de, ervas daninhas invasivos não nativos com inimigos naturais provenientes da gama nativa da erva daninha, provou ser uma estratégia viável para a gestão de ervas daninhas em áreas sujeitas a administração de baixa intensidade, tais como pastagens, florestas, conservadas naturais áreas, e alguns cursos de água. O uso de um método inundativa, estratégia bioerbicida, onde um organismo é aplicada para alcançar a redução rápida em populações de ervas daninhas, também tem sido bem sucedida em algumas instâncias. No futuro, os agentes patogénicos podem também ser utilizadas para introduzir ou alterar genes específicos para controlar o crescimento, de floração, conjunto de sementes, e a competitividade de ervas daninhas.

Appleby (2005) forneceu um excelente histórico de controlo de plantas daninhas biológica em sua história do controlo de plantas daninhas nos Estados Unidos e Canadá. Os casos da traça cactus (Cactoblastis cactorum Berg) no cacto pricklypear (Opuntia spp.) eo sucesso do besouro Klamath erva daninha (Chrysolina quadrigemina Suffrian) em reduzir a população de comum St. Johnswort (Hypericum perforatum L.) são casos clássicos de controlo de ervas daninhas biológica. O cinnabar traça [Tyria jacobaeae L.] foi marginalmente bem sucedida contra tasna tanásia (Senecio jacobaeae

L.) na América do Norte ocidental, mas a adição do besouro ragwort pulgas (longitarsus jacobaeae Waterhouse) para ajudar a traça de cinábrio tem sido dramaticamente bem sucedida. Outras histórias de sucesso incluem besouro de pulga alligatorweed (Agásicles hygrophila)

em alligatorweed [philoxeroides Alternanthera (Mart.) Griseb], mosqueado gorgulho da planta daninha (Neochetina eichhorniae) no jacinto de água [Eichhornia crassipes (Mart.) Solms], e o gorgulho salvinia (salviniae Cyrtobagous Calder e Sands) em salvinia gigante (Salvinia molesta Mitchell). Muitos outros insetos foram introduzidas com graus variados de sucesso.

O primeiro micoherbicida disponível comercialmente, Phytophthora palmivora Mas eu. (Nome comercial, Devine), foi introduzida em 1981 para controlo de stranglervine [odorata Morrenia (Hook. & Arn.) Lindl.] Em citros (cítrico spp.). Em 1982, o agente causal da antracnose manga (Colletotrichum gloeosporioides Penz., F. sp. Aeschynomene [nome comercial, Collogo]) foi introduzido para o controlo de jointvetch [norte Aeschynomene virginica (L.) BSP] em arroz e soja. trabalho considerável continua na busca de micoherbicidas, e uma série de pistas promissoras têm desenvolvido, mas a eficácia biológica é apenas um requisito para o sucesso comercial. BioMal [Colletotrichum gloeosporioides (Penz.) Penz. e Sacc. f. sp.

malvae), para controlo de malva comum (Malva neglecta

Wallr.), Foi o primeiro bioerbicida introduzida no Canadá, mas a produção foi interrompida porque os custos de produção eram demasiado elevados para a aceitação comercial. Além disso, peixes generalistas, tais como grama (carpa Ctenopharyngodon idella Val.), Foram usadas para pastam para baixo biomassa de plantas aquáticas sem ervas daninhas alvo específicos. Algumas outras espécies de vertebrados, tais como gansos (anseriformes; Anserinae), cabras, ovelhas e têm sido utilizadas para remover ervas daninhas em áreas localizadas (DeBruin e Bork

2006). Mais do que 1.000 libertação de mais de 350 agentes de controlo biológicos têm sido utilizados contra mais de 100 espécies de ervas daninhas alvo em todo o mundo desde o final dos anos 1800 (Julien e Griffiths, 1998).

Chemical Weed Control-utilização de herbicidas. Os herbicidas são produtos químicos que matam plantas ou inibem o crescimento das plantas. Eles podem ser classificados de vários modos: por cultura (por exemplo, um herbicida de soja), pelo seu tempo de aplicação (por exemplo, pré ou pós para a cultura ou ervas daninhas), por sua família química (por exemplo, sulfonilureias, dinitroanilinas), pelo seu caminho de mobilidade na planta (por exemplo, por translocação floema, xilema, ou ambos), e pelo MOA (por exemplo, inibidores fotossistema II, inibidores de ALS). No contexto da resistência a herbicida em culturas e ervas daninhas, MOA é o classificador mais relevante porque ele melhor descreve os meios pelos quais o herbicida impõe pressão de selecção sobre as ervas daninhas, e a sua manipulação pode ser utilizada para controlo de ervas daninhas herbicideresistant.

Mais de 200 ingredientes ativos são registrados como herbicidas em todo o mundo, e esta estimativa não inclui compostos que são usados exclusivamente como reguladores de crescimento de culturas ou dessecantes culturas. Há, no entanto, apenas 29 principais mecanismos de ação do herbicida, incluindo um grupo de herbicidas para o qual o MOA é desconhecido (WSSA 2012).

Herbicida classificação baseada em época de aplicação: SoilApplied herbicidas. herbicidas de solo afectam geralmente emergência das sementes ou o crescimento de plântulas de ervas daninhas e deve persistir no solo para ser eficaz. Quando aplicado antes da cultura é plantada, estes herbicidas são referidos como herbicidas de pré-plantio ou presowing. Alguns herbicidas pré-plantio deve ser

incorporado no solo a ser eficaz e são referidos como antes da plantação incorporado (PPI) herbicidas. herbicidas pré-plantio são aplicados de alguns dias a vários meses antes da sementeira da cultura, dependendo da sua persistência no solo e tolerância da cultura a ser plantada. Herbicidas aplicados no plantio ou dentro de alguns dias antes da emergência da cultura são referidos como preemergence

(PRE) herbicidas. Em culturas em fileira, herbicidas pré-plantio e pré pode ser aplicada numa banda sobre a linha de corte para reduzir os custos de herbicidas, especialmente se o cultivo serão usadas para controlar as ervas daninhas entre as linhas. Um herbicida aplicado ao solo, em alguns casos, também pode ser aplicada após a colheita é estabelecida (POST) para alargar o controlo de ervas daninhas residual na cultura. Em culturas a glifosato ou glufosinato-resistentes, por exemplo, pode ser pulverizado metolaclo POST, geralmente em uma mistura de tanque com glifosato ou glufosinato. Metolaclo tem quase nenhuma actividade em plantas emergidas mas fornece controlo residual entre as aplicações do glifosato herbicidas de largo espectro ou glufosinato, que não têm qualquer actividade residual.

herbicidas de solo são importantes como garantia de que as ervas daninhas não vão surgir com a cultura e ser demasiado grande para controlar com o primeiro pedido POST. Antes do lançamento do algodão resistentes ao glifosato, herbicidas de solo foram especialmente importante em algodão porque não havia nenhum herbicida pós de largo espectro que pode ser aplicado sobre-a-topo da colheita. Por causa das ervas daninhas resistentes, o uso de herbicidas soilapplied residuais em milho e soja aumentou ao longo dos últimos 5 a 10 anos (Owen et al. 2011). Modelagem de resistência em Palmer amaranth indicaram que a resistência pode ser retardada com o uso de herbicidas de solo (Neve et al. 2010,

2011). Um herbicida aplicado no solo também pode introduzir um outro MOA em um programa de manejo da resistência integrado.

Herbicidas de aplicação foliar. herbicidas aplicados-foliares são aplicados a plantas daninhas folhagem, com ou sem contacto da pulverização com a colheita, e são eficazes contra geralmente plântulas de ervas daninhas. herbicidas pós são geralmente consideradas como as aplicadas após a emergência da cultura. O pulverizador pode ser aplicado de difusão através da cultura e ervas daninhas, dirigido para as ervas daninhas na base da colheita se há selectividade da cultura limitado, ou aplicado sob escudos se não há nenhuma selectividade de culturas. pulverizações foliares, também são usados para controlar surgiram ervas daninhas presentes no plantio em sistemas de conservação-lavoura, referido como queimar herbicidas. herbicidas aplicados-foliares são referidos como

contato herbicidas, quando apenas a parte tratada da planta é afectada e são chamados sistêmico ou translocado quando o herbicida entra na planta e se move dentro dele para o local de ação de herbicidas. Translocação pode ser tanto através do floema, que transporta os herbicidas a superfície e subterrânea pontos de crescimento, ou através do xilema, onde eles se movem com o fluxo de transpiração e acumular pelo margens da folha.

Classificação herbicida Baseado no MOA. Bons programas de resistencemanagement recomendar diversificação dos herbicidas MOAs como uma estratégia chave resistencemanagement. Em 1997, os herbicidas foram classificados pelo MOA (Retzinger e MallorySmith 1997) com a ideia de que se herbicidas com um MOA semelhantes foram colocados em grupos, seria mais fácil para recomendar e usar herbicidas apropriadas para o manejo da resistência. Cada grupo MOA é atribuído um número. Dentro de cada grupo MOA são as famílias de herbicidas com que MOA. As famílias são grupos de herbicidas com propriedades químicas e similares

Tabela 1. Sítio de ação e Weed Science Society of America modo de grupo de ação para ervas daninhas resistentes a herbicidas nos Estados Unidos com base no número de biótipos de plantas daninhas resistentes (somados entre os estados) e o número de espécies de plantas daninhas (Heap 2012). Local de ação

	Grupo	Número de Espécies de ervas daninhas biótipos	
ACCCase	1	34	13
ALS	2	121	37
auxinas	4	12	8
biossíntese de carotenóides	28	1	1
cloroacetamidas	15	1	1
dinitroanilina	3	12	5
EPSPS	9	39	9
Não classificado	27	3	1
arsenicais orgânicos	17	7	1
protóx	14	3	1
PS I	22	5	4
PS II (nitrilos)	6	1	1
PS II (triazinas)	5	91	25
PS II (ureias)	7	11	7
tiocarbamatos	8	6	5
Total		347	119

Abreviaturas: ACCCase, acetil-coenzima A carboxilase; ALS, acetolactato-sintase; EPSPS, enolpiruvil sintase chiquimato-3-fosfato; PS, fotossistema.

atividade; por exemplo, pendimetalina, trifluralina, e etalfuralina são membros da família dinitroaniline). Uma lista completa de grupos MOA com local de acção e do número de biótipos resistentes e espécies está incluído na Tabela 1. Uma lista completa das espécies de ervas daninhas que foram documentadas para ter biótipos resistentes a herbicidas, com a lista correspondente de herbicidas para MOAs que a resistência tem sido documentada e o número de estados em que ocorrem, está incluído na Tabela 2. Abaixo está um resumo das MOAs herbicidas (WSSA

2012).

Grupo 1: Os inibidores da acetil-coenzima A carboxilase. A acetil-coenzima A carboxilase (ACCCase) -inibiting herbicidas incluem herbicidas de ciclo-hexanodiona, phenoxypropionate, e phenylpyrazolin. Estes herbicidas bloquear o primeiro passo comprometido na stese de ido gordo de novo (Burton et al, 1989;. Focke e Lichtenthaler 1987). O crescimento de plantas susceptíveis é interrompida, e plantas morrem gradualmente por causa da ausência de fosfolípidos para a construção de novas membranas celulares.

Grupo 2: inibidores de ALS. inibidores de ALS também são chamados sintase ácido acetohidroxi inibidores. Estes herbicidas são inibidores de uma enzima comum que conduz à síntese dos ácidos de cadeia ramificada leucina, valina, e isoleucina (Devine et al., 1993). inibidores de ALS são usados em todas as principais culturas agronômicas (isto é, milho, algodão, amendoim, pastagens, pequenos grãos, de soja, de relva, e de trigo) e tipicamente têm uma actividade residual. Os sintomas destas herbicidas incluem cessação do crescimento, encurtamento internodal, folhagem roxo, e raízes laterais mais curtas (" garrafa-escova " raízes). Cinco famílias herbicidas compreendem os herbicidas inibidores da ALS: as sulfonilureias, imidazolinonas, sulfonililides triazolopirimidina, ácidos pirimidinylthiobenzoic, e sulfonilaminocarboxyltriazolinones.

Grupos 5, 6 e 7: Fotossíntese inibidores. Os Fenilcarbamatos, piridazinonas, triazinas, triazinonas, uracilos e (grupo 5); benzotiadiazinonas, nitrilos, e phenylpyridazines (grupo 6); e amidas e ureias (grupo 7) incluem herbicidas que inibem a fotossíntese por ligação a o Q_B- nicho de ligação da proteína D1 do complexo fotossistema II no cloroplasto

Tabela 2. espécies de plantas daninhas documentado para ter biótipos resistentes aos herbicidas nos Estados Unidos, o site de herbicidas de ação para que a resistência tem sido documentado, e o número de estados onde as espécies foram documentadas (Heap 2010). Nome científico

	Erva daninha	Local de ação	Grupo	Unidos
<i>theophrasti</i> Medik.	Alcotán	PS II (triazinas)	5	4
<i>Amaranthus hybridus</i> EU.	caruru lisa	ALS	2	4
		PS II (triazinas)	5	11
<i>blitum</i> <i>Amaranthus</i> EU.	amaranto lívid	ALS	2	1
<i>palmeri</i> <i>Amaranthus</i> S. Wats.	Palmer amaranto	ALS	2	6
		PS II (triazinas)	5	2
		EPSPS	9	5
		DNA	3	1
<i>powellii</i> <i>Amaranthus</i> S. Wats.	Powell amaranto	ALS	2	1
		PS II (triazinas)	5	2
		PS II (ureias)	7	1
<i>retroflexus</i> <i>Amaranthus</i> EU.	caruru	ALS	2	4
		PS II (triazinas)	5	12
		PS II (ureias)	7	1
<i>rudis</i> <i>Amaranthus</i> Sauer	waterhemp comum	ALS	2	11
		PS II (triazinas)	5	5
		protox	14	3
		EPSPS	9	4
<i>tuberculatus</i> <i>Amaranthus</i> (Moq.) Sauer	waterhemp alto	ALS	2	1
<i>artemisifolia</i> <i>Ambrosia</i> EU.	ambrósia comum	ALS	2	6
		PS II (triazinas)	5	2
		EPSPS	9	4
<i>Ambrosia trifida</i> EU.	ambrósia gigante	ALS	2	4
		EPSPS	9	6
<i>Ammannia auriculata</i> Willd.	orelhudo redstem	ALS	2	1
<i>coccinea</i> <i>Ammannia</i> Rottb.	redstem	ALS	2	1
<i>Anthemis Cotula</i> EU.	camomila Mayweed	ALS	2	1
<i>Atriplex patula</i> EU.	Halberdleaf orach	PS II (triazinas)	5	1
<i>Avena fatua</i> EU.	aveia selvagem	ACCCase	1	8
		ALS	2	2
		DNA	3	1
		tiocarbamatos	8	2
		Não classificado	27	3
<i>Bromus tectorum</i> EU.	Brome downy	ALS	2	1
<i>Camelina microcarpa</i> Andr. ex DC.	falseflax Smallseed	ALS	2	1
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	Bolsa do pastor	PS II (triazinas)	5	1
<i>solstitialis</i> <i>Centaurea</i> EU.	starthistle amarelo	auxinas	4	1
<i>Chenopodium album</i> L.	lambsquartars comuns	ALS	2	2
		PS II (triazinas)	5	19
<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	espalhando dayflower	auxinas	4	2
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronq.	buva	EPSPS	9	1
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.	buva	ALS	2	3
		PS II (triazinas)	5	1
		PS II (ureias)	7	1
		PS I	22	2
		EPSPS	9	15
<i>difformis</i> <i>Cyperus</i> EU.	Smallflower sedge guarda-chuva	ALS	2	1
<i>Daucus carota</i> EU.	cenoura selvagem	PS II (triazinas)	5	1
		auxinas	4	2
<i>Digitaria ischaemum</i> (Schreb.) Schreb. ex Muhl.	crabgrass lisa	ACCCase	1	1
		auxinas	4	1
<i>sanguinalis</i> <i>Digitaria</i> (L.) Scop.	Grande crabgrass	ACCCase	1	2
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv.	capim	PS II (triazinas)	5	1
		PS II (ureias)	7	5
		tiocarbamatos	8	1
		auxinas	4	2
<i>oryzoides</i> de capim (Ard.) Fritsch	milhã início	tiocarbamatos	8	1
<i>Echinochloa oryzicola</i> (Vasinger) Vasinger	milhã tarde	ACCCase	1	1
		tiocarbamatos	8	1
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	goosegrass	PS I	22	1
		DNA	3	7
<i>Helianthus annuus</i> EU.	girassol comum	ALS	2	5
		PS II (triazinas)	5	1
<i>verticillata</i> <i>Hydrilla</i> (L. f.) Royle	Hydrilla	biossíntese de carotenóides	28	1
<i>xanthifolia</i> Iva Nutt.	Marshelder	ALS	2	1
<i>scoparia</i> <i>Kochia</i> (L.) Schrad.	kochia	ALS	2	19
		PS II (triazinas)	5	10
		auxinas	4	3
<i>serriola</i> <i>Lactuca</i> EU.	alface espinhosa	ALS	2	3
		auxinas	4	1
<i>punctata</i> <i>Landoltia</i> (G. Mey.) DH Les & DJ Crawford	duckmeat pontilhada	PS I	22	1

Nome científico	Erva daninha	Local de ação	Grupo	Unidos
Lolium perenne EU.	azevém perene	ALS	2	3
Lolium perenne L. ssp. multiflorum (Lam.) Husnot	azevém	ACCCase	1	10
		ALS	2	2
		EPSPS	9	2
		cloroacetamidas	15	1
Lolium persicum Boiss. & Hohen. ex Boiss.	joio persa	ACCCase	1	1
Lolium rigidum Gaudin	azevém rígida	EPSPS	9	1
Phalaris minor Retz.	alpiste Littleseed	ACCCase	1	1
Poa annua EU.	bluegrass anual	PS II (triazinas)	5	5
		PS II (ureias)	7	1
		DNA	3	1
		tiocarbamatos	8	1
Polygonum pennsylvanicum EU.	Pensilvânia smartweed	PS II (triazinas)	5	3
Portulaca oleracea EU.	beldroega	PS II (ureias)	7	1
Rottboellia cochinchinensis (Lour.) WD Clayton	O capim-camalote	ACCCase	1	1
Sagittaria montevidensis Cham. & Schlecht.	Califórnia seta	ALS	2	1
Salsola tragus EU.	Russo-cardo	ALS	2	5
Schoenoplectus mucronatus (L.) Palla	junco Ricefield	ALS	2	1
Senecio vulgaris EU.	groundsel comum	PS II (triazinas)	5	4
		PS II (nitrilos)	6	1
Setaria faberi Herm. Continuação.	foxtail gigante	ACCCase	1	2
		ALS	2	4
		PS II (triazinas)	5	2
pumila Setaria (Poir.) Roemer & JA Schultes	foxtail amarelo	PS II (triazinas)	5	1
Setaria viridis (L.) Beauv.	foxtail verde	ALS	2	2
		DNA	3	1
Setaria viridis var. robustaalba Schreb.	foxtail branco robusta	ACCCase	1	1
		ALS	2	1
Setaria viridis var. robustapurpurea Schreb.	foxtail robusto roxo	ACCCase	1	1
Sida spinosa EU.	Prickly sida	ALS	2	1
Sinapis arvensis EU.	mostarda selvagem	ALS	2	1
Solanum americanum P. Mill.	pretinha americano	PS I	22	1
Solanum ptychanthum Dunal	pretinha Oriental	ALS	2	3
		PS II (triazinas)	5	1
Sonchus asper (L.) Colina	spiny sowthistle	ALS	2	1
Sorghum bicolor (ssp L.) Moench. arundinaceum (Desv.) De Wet & Harlan	shattercane	ALS	2	7
halepense sorgho (L.) Pers.	massambará	ACCCase	1	5
		ALS	2	1
		EPSPS	9	1
		DNA	3	1
Xanthium strumarium EU.	cardo comum	ALS	2	9
		Organoarsenicals	17	7

Abreviaturas: PS, fotossistema; ALS, acetolactato-sintase; EPSPS, enolpiruvil sintase chiquimato-3-fosfato; Protox, oxidase protoporfirinogênio; ACCCase, acetil-coenzima A carboxilase. Tabela 2.

tilacóides. Uma distinção entre os grupos dentro dos inibidores fotossintéticos **refere-se aos bolsos diferentes, onde eles se ligam no Q_B sítio de ligação.** obrigatório em todos neste site herbicida afeta negativamente os processos e produtos necessários para o transporte de energia química. Morte em plantas susceptíveis geralmente ocorre através de desintegração da membrana celular devido à criação de clorofila tripleto estado, oxigênio singuleto, e peroxidação lipídica.

Grupo 22: Os inibidores fotossistema I (Desviadores Electron). Os bipyridyliums (por exemplo, paraquat, diquat) são exemplos de herbicidas que aceitam elétrões do fotossistema I e reduzi-los para formar um radical herbicida. O radical em seguida, reduz o oxigênio molecular para formar radicais superóxido. Os radicais superóxido conduzir à formação de peróxido de hidrogênio e os radicais hidroxilo que destroem ácidos gordos de membrana de lípidos e clorofila, causando desse modo destruição da membrana, vazamento celular, e uma morte da planta muito rápida na luz solar.

Grupo 14: Inibidores de Protoporfirinogênio oxidase. Estes inibidores da síntese de clorofila (PPO-inibidores) compreendem várias famílias: os éteres difenilícos herbicidas (por exemplo, fomesafen),

N- phenylphthalimides (por exemplo, flumioxazin), oxadiazoles (por exemplo, oxadiargil), oxazolidinedionas, fenilpirazoles (por exemplo, flufenpir-etilo), pyrimidindiones (por exemplo, butafenacil), tiadiazoles, e triazolinonas (por exemplo, azafenidina, sulfentrazona). Herbicidas nesta categoria inibir a enzima protoporfirinogênio oxidase (protox-oxidase ou PPG), uma enzima envolvida na síntese de clorofila e de heme. Inibição conduz a uma acumulação de PpIX, o primeiro precursor de clorofila de absorção de luz. absorção de luz por PPIX aparentemente produz PPIX estado de tripleto que interage com o oxigênio do estado fundamental para formar oxigênio singuleto. Tripleto PPIX e chumbo singuleto de oxigênio para a formação de radicais lipídicos que iniciam uma reação em cadeia de peroxidação lipídica e causam fugas celular e morte da planta (Duke et al. 1991).

Grupos 11, 12, 13 e 27: carotenóides Biossíntese inibidores. Herbicidas do grupo 12 incluem as amidas, anilídx, furanonas, pheno'xybutan-amidas, piridazinonas, e piridinas que bloqueiam a síntese de carotenóides por inibição da fitoeno-dessaturase (Bartels e Watson, 1978; Boger Sandmann e 1989). Carotenóides desempenham um papel importante para dissipar a energia oxidativa de oxigênio atômico e outros radicais. Callistemon, isoxazole, pirazole, e herbicidas tricetona (grupo 27) inibem

um passo chave na biossíntese plastoquinona; sua inibição dá origem ao branqueamento sintomas em um novo crescimento. Os sintomas em plantas resultam de uma inibição indirecta da síntese de carotenóide devido ao envolvimento de plastoquinona como um co-factor da fitoeno-dessaturase. Clomazona (grupo 13) é metabolizada para a forma 5-ceto de clomazona que é **activo herbicida. A forma 5keto inibe 1-desoxi-D-xilulose 5-fosfato sintetase, um** componente chave da síntese de isoprenóides de plastos para produção de carotenóides (Ferhatoglu e Barrett 2006). Amitrol e aclonifena compo grupo 11. amitrol inibe a acumulação de clorofila e carotenóides na luz, e aclonifena atua de forma semelhante a carotenóides inibir / herbicidas de branqueamento, embora os mecanismos de acção específicos destes herbicidas não foram determinados.

Grupo 9: enolpiruvil chiquimato-3-fosfato sintase. Grupo

9, as glicinas, inclui apenas glifosato. O glifosato inibe a sintase enolpiruvil chiquimato-3-fosfato (EPSPS) (Amrhein et al., 1980), o que leva ao esgotamento do triptofano aromático aminoácidos, tirosina e fenilalanina, todas necessárias para a síntese de proteína ou para vias biossintéticas que conduzem a crescimento.

Grupo 10: Inibidores da glutamina sintetase. Herbicidas do grupo 10 são glufosinato e bialafos, os ácidos fosfínicos. Eles inibem a actividade de glutamina sintetase (Lea 1984), a enzima que converte o glutamato e amónia em glutamina. A acumulação de amoníaco na planta (Tachibana et al., 1986) destrói as células e inibe directamente fotossistema I e reacções fotossistema II (Sauer, 1987). O amoníaco também reduz o gradiente de pH através da membrana que podem desacoplar fotofosforilação.

Grupo 18: dihydropteroate sintase Inhibitor. Um herbicida carbamato único, asulam, parece inibir a divisão celular e expansão em meristemas de plantas, talvez através da interferência com a montagem ou a função dos microtúbulos (Fedtke 1982; Sterrett e Fretz 1975). Asulam também inibe sintase 7,8-dihydropteroate, uma enzima envolvida na síntese de ácido fólico e crucial para a biossíntese de purinas (Kidd et al, 1982;. Veerasekaran et al 1981.).

Os grupos 3, 15 e 23: Inibidores da mitose. Benzamida, dinitroanilina, fosforamidato, e piridina são os compostos do grupo 3 herbicidas que se ligam a tubulina, uma principal proteína dos microtúbulos. O complexo de herbicida-tubulina inibe a polimerização de microtúbulos no final de montagem do microtúbulo à base de proteína que conduz a uma perda de estrutura e função dos microtúbulos, e a formação da parede da célula é afectada negativamente. herbicidas dinitroanilina são voláteis, facilmente se dissipar na atmosfera e. assim sendo. muitas vezes exigem a incorporação no solo (ou disked no solo ou por meio da irrigação) para o máximo de eficácia. Os herbicidas de carbamato, carbetamida, clorprofame, e profame são Grupo 23 e os compostos inibem a divisão celular e organização de microtúbulos e a polimerização. Acetamida, cloroacetamida, oxiacetamida, e compostos tetrazolinone são herbicidas grupo 15, que se pensa inibir a síntese dos ácidos gordos de cadeia muito longa (Boger et al 2000;. Husted et al 1966.). Estes compostos afectam as ervas daninhas antes da emergência sensíveis mas não inibem a germinação de sementes.

Grupos 20, 21, 28 e 29: Inibidores da celulose. As benzamidas (Grupo 21), nitrilos (grupo 20), e triazolocarboxamides (grupo 28) são herbicidas que inibem a síntese de celulose e da parede celular de plantas daninhas susceptíveis (Heim et al., 1990). Indaziflam é um composto alkylazine (grupo 29), que interrompe a biossíntese de celulose (Myers et al. 2009).

Grupos 8 e 16: ácido gordo e Lipid Biossíntese inibidores.

Os benzofuranos (grupo 16) e os fosforodtioatos e tiocarbamatos (Grupo 8) são herbicidas conhecidos para inibir a vários processos de plantas, incluindo a biossíntese de ácidos gordos e lípidos, proteínas, isoprenóides, flavonóides, e giberelinas. actualmente pensa-se que estes efeitos podem ser ligadas por conjugação de acetil-coenzima A e outras moléculas sulfhydrylcontaining por tiocarbamato sulfóxidos (Casida et al 1974;. Fuerst 1987). Herbicidas com este MOA pode ser referido como o lípido e inibidores da biossíntese secundária. Para maximizar a eficácia no controlo de ervas daninhas, tiocarbamatos são tipicamente incorporados no solo. Mudanças de espécies de ervas daninhas sensíveis falhar a emergir, e sintomas de fitotoxicidade são caracterizados por folhas hermeticamente whorled que Não desenrole de uma forma normal.

Grupo 4: As auxinas sintéticas. Os ácidos benzóicos, os ácidos fenoxicarboxílico, ácidos carboxílicos de piridina, e os ácidos quinolina carboxílicos em conjunto formam o grupo dos herbicidas de auxina sintética. Herbicidas neste grupo têm uma actividade semelhante à de auxina endógena, embora o verdadeiro mecanismo não é bem compreendido. Sintomas incluem o crescimento anormal e eventual morte da planta. O mais antigo herbicida selectivo, 2,4-D, é categorizado neste grupo.

Grupo 19: Auxina Transporte inibidores. Os phthalamates (por exemplo, naptalam) e semicarbazonas (por exemplo, diflufenzopir) são herbicidas grupo 19. Estes herbicidas inibem o transporte polar de auxina que ocorre naturalmente, ácido indolacético, e herbicidas de auxina imitando-sintéticas em plantas sensíveis. inibição auxina-transporte provoca uma acumulação anormal de auxina nas regiões meristemáticas, interrompendo assim o equilíbrio auxina necessários para o crescimento das plantas (Grossmann 2010).

Grupos 17, 25 e 26: Potencial de Ácido Nucleico Inibidores ou herbicidas não classificados. Herbicidas nestes grupos têm um MOA desconhecido.

Conhecimento dos princípios e práticas da ciência de plantas daninhas básicos são necessários para a compreensão de resistência a herbicidas e pelo planeamento e implementação IWMprograms som. A última descoberta nova herbicida MOA foi inibição da enzima dioxigenase de hidroxifenilpiruvato, que foi descoberto mais de 20 anos atrás (Lee et al., 1997) e a partir do qual o herbicida mesotriona foi desenvolvido. Antes disso, um novo MOA foi introduzido aproximadamente a cada 3 anos (Duke 2012). A busca pela nova química herbicida diminuiu na medida em que os produtores não podem mais contar com " a próxima novo herbicida " para controlar ervas daninhas resistentes. Em vez disso, os programas de herbicidas deve ser integrado com práticas de controle de plantas daninhas preventivas, culturais, biológicos e mecânicos para desenvolver diversificados programas de manejo da resistência.

Resistência e Tolerância em Ciência Weed

A tolerância a herbicidas e resistência Definido. definições padrão de 'resistência' os termos " e " tolerância ", baseado

na erva daninha e a resposta das culturas no contexto da biologia, herbicidas, e manejo de plantas daninhas, foram definidas pelo WSSA em 1998:

" **tolerância a herbicidas (HT) é a capacidade inerente de uma espécie para sobreviver e reproduzir após tratamento com herbicida.** Isto implica que não havia nenhuma seleção ou manipulação genética para tornar a planta tolerante; é naturalmente tolerante. "

" **resistência a herbicidas (FC) é a capacidade herdada de uma planta para sobreviver e reproduzir após a exposição a uma dose de herbicida normalmente letal para o tipo selvagem.** Em uma planta, a resistência pode ser de ocorrência natural ou induzida por técnicas tais como engenharia genética ou seleção de variantes produzidas por cultura de tecidos ou mutagênese. "

Tolerância a herbicidas e seletividade de herbicidas. Pelo menos até que o advento das culturas resistentes a herbicidas, a seletividade herbicida, que é a resposta diferencial entre as plantas a um herbicida, tinha sido baseado em tolerâncias naturais de plantas (Devine et al 1993; Kreuz et al 1996) ou seletiva de aplicação de herbicidas, tais como ervas daninhas de pulverização, mas evitando a colheita. Quando o controle de ervas daninhas foi eficaz e a colheita era tolerante ao herbicida, um herbicida foi considerado como tendo uma boa seletividade. A erva daninha pode ter tolerância por causa de um mecanismo que impede o herbicida de ligação ao local onde normalmente interrompe a actividade biológica, ou a planta pode ser capaz de degradar o herbicida a uma molécula não fitotóxica (Carvalho et al. 2009) ou prevenir o herbicida de entrar ou se movendo na planta. Embora estes mecanismos também poderia ser responsável pela resistência, a diferença reside na definição de que, com a tolerância, o tipo selvagem (muitas vezes a erva daninha) não foi controlada pelo herbicida. Mesmo um herbicida tal como glifosato, que é considerada como sendo não-seletivo, não é igualmente eficaz em todas as espécies de ervas daninhas (Norsworthy et al 2001; Owen 2008); isto é, algumas espécies têm um nível de tolerância natural, embora, se a taxa de utilização normal do herbicida é aumentada, a planta pode, então, sucumbir ao herbicida. resposta variável entre espécies de plantas daninhas a herbicidas é abordada nos rótulos dos herbicidas. A maioria dos rótulos recomendar diferentes taxas de aplicação para diferentes espécies de plantas daninhas em tamanhos diferentes e indicar as ervas daninhas cujo crescimento pode ser suprimida, mas que provavelmente não vai ser morto. que é considerada como sendo não-seletivo, não é igualmente eficaz em todas as espécies de ervas daninhas (Norsworthy et al 2001; Owen 2008); isto é, algumas espécies têm um nível de tolerância natural, embora, se a taxa de utilização normal do herbicida é aumentada, a planta pode, então, sucumbir ao herbicida. resposta variável entre espécies de plantas daninhas a herbicidas é abordada nos rótulos dos herbicidas. A maioria dos rótulos recomendar diferentes taxas de aplicação para diferentes espécies de plantas daninhas em tamanhos diferentes e indicar as ervas daninhas cujo crescimento pode ser suprimida, mas que provavelmente não vai ser morto.

Resistência a herbicidas. resistência a herbicidas é a capacidade hereditária para que as plantas crescem e se reproduzem após o tratamento com um herbicida que teria sido fatal para todos, mas uma ou algumas poucas progenitores em uma população antecedente. ervas daninhas Herbicideresistant ocorrer em ambas as culturas resistentes a herbicidas e as culturas convencionais em resposta a pressão de seleção a partir de um herbicida. Um herbicida selecciona para plantas com resistência genética natural para que MOA. Essas plantas sobreviver e se reproduzir, e se a seleção pelo herbicida continua por várias gerações, a população de resistentes aos aumentos de plantas daninhas biótipo até que haja uma população notável de ervas daninhas que o herbicida não será mais controle.

Por outro lado, ambos os cultivares de culturas resistentes aos herbicidas transgênicas e não transgênicas são resistentes a herbicidas específicos, porque eles foram criados para sobreviver a uma aplicação no campo do herbicida. Portanto, os genótipos de culturas sensíveis, podem ser mortas por um herbicida ao passo que o cultivar resistente não é. Quando a identidade de uma cultivar convencional é confundida com uma cultivar resistente no campo, a cultivar convencional é morto ou gravemente ferido pelo herbicida que o cultivar resistente resiste sem efeitos adversos.

Meta-Site Resistência. Uma planta pode expressar " alvo local " ou " não-alvo local " resistência (Prather et al., 2000). Um local alvo é uma localização, geralmente uma enzima, em uma planta, onde o ingrediente activo em um herbicida de liga e interfere com os processos fisiológicos (Nandula 2010). Um mecanismo amplamente estudada de resistência em ervas daninhas tem sido uma enzima herbicida-alvo alterada em que a resistência é conferida por uma mutação genética na enzima alvo, de modo que o herbicida pode não inibir a actividade da enzima (Neve 2007; Powles e Preston

2006). Esta é a principal (mas não só) mecanismo de ervas daninhas-resistência relatados para inibidores da ALS, ACCase-inibidores, inibidores mitóticos, PPO-inibidores, e alguns herbicidas de inibição PSII (Powles e Preston 1995, 2006).

A partir do início de 2012, havia 116 espécies de ervas daninhas resistentes a herbicidas de vários inibidores da ALS (Heap 2012). Estes herbicidas controlar ervas daninhas através da inibição da enzima ALS, que é crítico para a biossíntese de aminoácidos cadeia ramificada. Porque inibidores da ALS herbicidas não se ligam dentro do local catalítico da enzima-alvo, existe uma grande variação de mutações potenciais em locais diferentes, ou domínios, no gene de ALS e uma elevada frequência de ocorrência de resistência a herbicidas inibidores da ALS (Tranel e Wright, 2002). As substituições de aminoácidos podem ocorrer nos vários locais, o que resulta em aumento da resistência a diferentes famílias de herbicidas do grupo de ALS-inibidor de herbicidas (Powles e Yu 2010). Por exemplo, mutações de ocorrência comum que conferem resistência estão nos resíduos de aminoácidos Ala 122, Pro 197, Ala 205, Asp 376,

2010).

PSII herbicidas inibidores da. Fotossistema II de inibição de herbicidas, tais como o triazinas, bloco fotossintético de transferência de electrões a partir de clorofilas associados com o centro de clorofila P680 para o aceitador de electrões inicial, um composto conhecido como plastoquinona. Numa instalação de funcionamento normal, plastoquinona aceita um electrão a partir da clorofila na fase inicial do **processo de transferência de electrões. Esta transferência ocorre no Q_B local de ligação de uma proteína de 32 kDa conhecida como D1 da fotossíntese.** Triazinas e outros herbicidas PSII competir com plastoquinona para o local de ligação da Q_B proteína. Existem várias mutações no Q_B proteína que impedem herbicidas PSII de ligação, permitindo plastoquinona para se ligar, embora com uma eficiência reduzida. A mutação mais prevalente ocorre no Ser 264 e envolve uma alteração de aminoácido de serina para glicina. Outras mutações que conferem resistência a herbicidas são Ser 264 a Thr Asn 266 e para Thr (Oettmeier 1999; Powles e Yu 2010).

ACCCase herbicidas inibidores da. Acetil-coenzima A carboxilase é o enzima chave na biossíntese de lípidos. Em plantas, há duas formas de ACCCase, uma forma procariótica composta de múltiplas subunidades e ACCCase eucariota que é uma grande proteína de múltiplos domínios. As plantas contêm citosólica, bem como formas de plastídica ACCCase. Em gramíneas, os plastos contêm a forma eucariótica de ACCCase e são sensíveis a três classes químicas de herbicidas conhecidos como os gramicidas. A maioria das espécies de plantas dicotiledóneas conter a forma procariota da enzima que é insensível à graminicidas herbicidas.

Há oito mutações para a enzima ACCCase principais para segmentar local resistência a herbicidas que inibem ACCCase-(Powles e Yu 2010). O mais comum é uma Leu e Ile substituição no resíduo 1781. Diferentes substituições no ACCCase

chumbo enzima a diferentes padrões de resistência entre os herbicidas graminicidas.

Inibidores de mitose. Herbicidas, tais como as dinitroanilinas inibir a mitose através da interrupção da montagem de microtúbulos. Especificamente, os **microtúbulos compreender uma- tubulina e b- dímeros de tubulina.** Na mitose, os microtúbulos estão envolvidos na migração cromossômica para a célula filha. herbicidas Mitoticinhibiting ligar-se **ao uma- tubulina, impedindo-a de se ligar ao b- dímeros de tubulina e inibição** da formação de dímeros. Em espécies de ervas daninhas de dinitroanilina-resistente, uma substituição de Thr para Ile na par de base 239 **evita que o herbicida de dinitroanilina de ligação para o uma- tubulina** (Castanho claro e Vaughn 1994). Outras mutações menos comuns na posição de aminoácido 268 (Met para Thr) e 136 (Leu e Phe) têm sido relatados (Deleye et al., 2004).

PPO-herbicidas inibidores. Protoporfirinogênio IX oxidase é uma enzima chave na síntese de clorofila e de heme em plantas. PPO catalisa a oxidação de protoporfirinogênio (protoporfirin) para protoporfirin IX (Proto IX). Em plantas, existem duas isoformas nucleares codificados (PPO1 e PPO2). O produto PPO1 é voltado para o cloroplasto, enquanto o produto PPO2 está orientada para a mitocôndria. Vários grupos de herbicidas, incluindo os éteres difenílicos, inibir PPO. resistência PPO foi limitado a uma espécie, **waterhemp altura [tuberculatus Amaranthus (Moq.) Sauer], com um** mecanismo de resistência TargetSite-romance. No gene de PPO, existe uma deleção codão na posição 210 que conduz à perda de um resíduo Gly conferindo resistência a herbicidas (Patzoldt et al., 2006).

Enolpiruvil sintase chiquimato-3-fosfato. O mecanismo local alvo de glifosato é a inibição da enzima EPSPS, que é uma enzima chave na via do ido chiquico que conduz aos aminoácidos aromáticos de fenilalanina, tirosina e triptofano. O glifosato é um inibidor competitivo de EPSPS, competindo com fosfoenolpiruvato (PEP), ao sítio catalítico. Assim, há poucas mutações que conferem resistência ao glifosato sem conduzir a uma falha da enzima e uma mutação letal. Existe apenas uma mutação relatado (uma mutação Pro para Ser na posição do aminoácido 106) em ervas daninhas que conferem resistência ao glifosato através de uma mutação do local alvo, ao passo que a maioria das ervas daninhas resistentes ao glifosato são resistentes via não-alvo do local mecanismos de resistência.

-Alvo do site culturas resistentes. culturas resistentes a herbicidas pode ser desenvolvida por seleção de células inteiras, a mutagênese, seleção e melhoramento de plantas com resistência natural ou por engenharia genética (Duke 2005; Tan e Bowe 2009). culturas de imidazolinona-resistente são baseados em mutações sítio-alvo que reduzem a sensibilidade da enzima ALS a esses herbicidas. A maioria destas culturas foram criadas por mutagenese quíica, em que as células foram mutados por tratamento químico, e, em seguida, as culturas foram comercializados como culturas Clearfield (BASF, 26 Davis Drive, Research Triangle Park, NC 27709), utilizando técnicas de cultura convencionais. culturas de imidazolinona incluem Clearfield milho (milho), canola, trigo, arroz e **girassol comum (Helianthus annuus EU.). Clearfield comum**

girassol foi desenvolvido por meio de cruzamento girassóis cultivados com um girassol selvagem resistente (Tan e Bowe 2009). Outro exemplo de criação de uma cultura de um parente selvagem é de canola triazineresistente, em que a resistência **de uma erva daninha triazineresistente, mostarda birdsrape (Brassica rapa L.), foi transferida para canola, que é também um Brassica espécies, por criação de** animais (Hall et al., 1996).

As culturas transgênicas que possuem resistência local alvo ter sido criado através da inserção de artificialmente um gene ou genes de outro organismo em cultura a dar-lhe uma característica desejável que não possuem naturalmente. culturas transgênicas para resistência a herbicidas têm sido desenvolvidos para o glifosato, glufosinato e bromoxinil. (Culturas resistentes ao Bromoxinil foram retirados do mercado devido bromoxinil não é um herbicida de largo espectro e as culturas competiu mal no mercado [Duke 2005]). A maioria das culturas resistentes ao glifosato foram desenvolvidos através da inserção de uma EPSPS bacterianas conhecidas como CP4 a partir de um

Agrobacterium sp. bactéria, que codifica uma forma glyphosateinsensitive de EPSPS (Duke 2005; Powles e Preston 2006). A ligação do glifosato é excluída por mudanças conformacionais resultantes dessas modificações da sequência de aminoácidos em CP4 fora da região do glifosato / ligação PEP (Dill 2005).

Não-alvo-Site Resistência. Uma planta com resistência não-alvo local pode metabolicamente desintoxicar um ingrediente activo herbicida, evitar um herbicida de atingir o seu local alvo, reduzindo a absorção do herbicida ou translocação, ou sequestrar o herbicida em um local celular que não é vulnerável ao ingrediente activo (Cummins e Edwards 2010;. Prather et al 2000; Tharayil-Santhakumar 2004; Yuan et al 2007)..

desintoxicação metabólica é um mecanismo de resistência a herbicida em **milha pé de galo, junglerice [Echinochloa colona (L.) Link] (Carey et al 1997;. Hoagland et al., 2004), e folha de veludo (theophrasti Abutilon Medik.) (Anderson e Gronwald 1991), entre outras espécies (Burgos, 2004).** Propanil, por exemplo, é hidrolisado a um nível muito mais elevado em capim-arroz resistente do que é no suscetível (Carey et al.

1997). translocação reduzida, um mecanismo de resistência local não-alvo, é a base de resistência para algumas populações de azevém rígida resistente ao glifosato na Austrália (LorraineColwill et al 2002;. Powles e Preston 2006; Wakelin et al.

2004. Seqüestro, também por vezes referido como compartimentação, significa que o herbicida é inativada, quer através da ligação (frequentemente a uma porção de açúcar) ou é removido a partir de regiões metabolicamente activos da célula, muitas vezes para um vacúolo (postulada para certos tipos de resistência a ariloxifenoxipropionato [APP] herbicidas, glifosato, e paraquat) . Por exemplo, Ge et al. (2010) relatou que alguns biótipos de horseweed resistente ao glifosato [**Conyza canadensis**

(EU.)

Cronq.] Activamente transportados glifosato para os vacúolos da célula em comparação com o citoplasma e o impediu de chegar ao local de destino.

Cross-Resistência e resistência múltipla. Uma população de planta ou planta podem também ser resistentes a mais do que um herbicida, herbicida da família química, ou grupo MOA. A resistência cruzada ocorre quando as plantas possuem um mecanismo que proporciona a capacidade para resistir a herbicidas de diferentes famílias químicas (CARH 2009b). Para resistência cruzada a ocorrer, as famílias deve agir ao mesmo local de acção (isto é, têm a mesma MOA). Por exemplo, uma mutação de ponto único na ALS

enzima pode proporcionar resistência a ambas as famílias de sulfonilureia e herbicidas de imidazolinona, ambos os inibidores da ALS (CARH 2009b). Algumas populações de azevém rígidas na Austrália são resistentes a um número de famílias de herbicida, enquanto que alguns são resistentes apenas aos herbicidas em uma família (Powles e Preston, 1995). As plantas podem ter alvo local ou não-alvo local resistência cruzada. Em azevém rígida, a seleção de um herbicida em qualquer família APP ou a família ciclohexanodiona (DCC), ambos ACCase herbicidas inibidores, tem levado a resistência cruzada a ambos os herbicidas, embora o nível de resistência é geralmente maior para a APP do que ele é para os herbicidas de DCC (Holtum et al 1991; Powles e Preston, 1995). Uma vez que os padrões de resistência aos herbicidas inibidores da ACCase pode ser tão diferentes, até mesmo nas mesmas espécies, resistência a diferentes biótipos é suspeito de ser devido a diferentes mutações do gene ACCase. Não alvo local resistência cruzada explica a resistência de algumas biótipos de blackgrass que têm resistência a ambas as diclofop e fenoxaprop (ACCase inibidores) devido ao aumento do metabolismo (Holtum et al., 1991).

resistência múltipla ocorre quando uma planta tem mais do que um mecanismo de resistência (CARH 2009b; Powles e Preston 1995). Uma planta com resistência múltipla pode ter dois ou mais mecanismos de resistência que conferem resistência a alguns ou muitos herbicidas, quer com a mesma ou diferente MOA. Por exemplo, uma população kochia é resistente a inibidores de triazina (PS-II) e a inibidores da ALS herbicidas, porque as plantas têm duas mutações, uma para a resistência a cada classe de herbicida (Ignorados et al., 1999). **resistência múltipla de waterhemp comum (rudis Amaranthus L.) ao glifosato e ALS e herbicidas de inibição de PPO foi confirmada em Missouri (Legleiter e Bradley 2008), e resistência múltipla de Palmer amaranto para inibidores de ALS e glifosato foi recentemente confirmada em Geórgia (Sosnoskie et al. 2011).**

Resistência quantitativa. Gressel (2009) descreveu como doses de herbicidas subótimas aplicados repetidamente pode selecionar para a resistência em algumas plantas. Quando um herbicida é pulverizado em um campo, algumas ervas daninhas individuais não recebem a taxa de utilização registrados por causa de padrões de pulverização irregulares, proteção parcial de pulverização por plantas vizinhas, ou por serem plantas um pouco maiores e ter tolerância mais natural do que outras plantas no campo Faz. Nesse cenário, pode haver algumas plantas que têm um baixo nível de resistência, mas não o suficiente para sobreviver a uma taxa de herbicida superior. No entanto, quando essas plantas sobreviventes combinam sexualmente, o baixo nível de resistência pode ser aumentada em alguns descendentes, ea população começa a mudar para um nível superior de resistência (Gressel 2009). resistência quantitativa pode ser descrito como um em que múltiplas gradações de um fenótipo podem ser detectados e medidos numa escala contínua, em oposição a um traço simples para que fenótipos podem ser colocados em classes discretas. Suspeita-se que os diferentes mecanismos de resistência estão envolvidos, com vários genes diferentes, talvez menor, afetando vários processos que rapidamente se somam a um alto nível de resistência (Neve e Powles 2005). Por exemplo, um gene pode limitar a translocação do herbicida, um outro pode causar metabolismo mais rápido, e um outro pode afectar o sítio alvo ligeiramente (Gressel 2009). A consciência da possibilidade de resistência quantitativa levou a recomendações a aplicar taxas de herbicidas rotulados para as ervas daninhas do tamanho recomendado pelo registo. em oposição a um traço simples para que fenótipos podem ser colocados em classes discretas. Suspeita-se que os diferentes mecanismos de resistência estão envolvidos, com vários genes diferentes, talvez menor, afetando vários processos que rapidamente se somam a um alto nível de resistência (Neve e Powles 2005). Por exemplo, um gene pode limitar a translocação do herbicida, um outro pode causar metabolismo mais rápido, e um outro pode afectar o sítio alvo ligeiramente (Gressel 2009). A consciência da possibilidade de resistência quantitativa levou a recomendações a aplicar taxas de herbicidas rotulados para as ervas daninhas

Muitos fatores determinam como a população de plantas irá responder a seleção de um herbicida. Estes factores incluem

a frequência de utilização do herbicida, o MOA dos herbicidas usados, o grau de pressão de seleção exercida por particulares famílias herbicidas e grupos MOA, a facilidade com que uma planta pode adaptar-se geneticamente a seleção com herbicida, e os efeitos da erva daninha biologia / colheita e ecologia, fatores ambientais e práticas de produção sobre a propensão para o desenvolvimento de resistência ou tolerância. À medida que a secção seguinte, " impactos ambientais de resistência a herbicidas em culturas, " mostrará, mesmo se uma população de ervas daninhas não evolui resistência a um herbicida, a presença de espécies naturalmente tolerantes na população pode resultar num desvio de ervas daninhas que ainda pode ser um desafio de controlar.

Os impactos ambientais de resistência a herbicidas em Crops

A adoção de culturas resistentes aos herbicidas resultou em alterações significativas para as práticas agronômicas. culturas resistentes a herbicidas, têm permitido a adoção de sistemas simples, eficazes, de baixo risco de produção de culturas com menos dependência em solo (Carpenter e Gianessi 1999; Serviço de 2007) e os requisitos de energia mais baixos. No geral, as mudanças tiveram um efeito ambiental positivo, reduzindo a erosão do solo, o uso de combustível, na lavoura, eo número de herbicidas com avisos de águas subterrâneas, levando a uma ligeira redução do quociente de impacto ambiental global de uso de herbicidas (Foresman e Glasgow 2008; Serviço 2007; Jovem 2006).

lavoura de conservação utilizados na produção agrícola aumentou em parte por causa da adoção de culturas resistentes a herbicidas (American Soybean Association 2001; Brookes e Barfoot 2011a; Cerdeira e Duke 2006; Dill et al 2008; Serviço 2007). Em 2008, cultivares resistentes a herbicidas representaram uma estimativa de 99% do total de plantio direto de soja nos Estados Unidos (Brookes and Barfoot 2011a). Adoção de lavoura de conservação pelos agricultores nos Estados Unidos desde 1982, foi creditado com a redução da erosão do solo em 30%. Poupança devido à sedimentação do solo reduziu foram estimados em US \$ 3,5 bilhões para 2002 (Fawcett e Towery 2002). Redução da dependência de cultivo para controle de ervas daninhas também leva a carbono no solo e menores emissões de carbono mais **armazenada. Um sistema plantio é estimada para armazenar 300 kg de carbono ha² yr⁻¹ 21. Considerando que reduziram o armazenamento de lavoura 100 kg de carbono ha² yr⁻¹ 21, e lavoura convencional liberta 100 kg ha carbono² yr⁻¹ 21**

(Brookes and Barfoot 2009, 2011b).

economia de combustível estão associados com menos viagens em todo o campo para preparo do solo, cultivo e aplicação de herbicidas (Duke e Powles 2009). **economia de combustível associados com a ausência de aração resultou em CO₂ reduções de emissões de**

88,81 kg ha⁻² yr⁻¹ se não foi utilizado até-e 35,66 kg ha⁻² yr⁻¹ Se preparo reduzido foi utilizado (Brookes and Barfoot 2009). consumo de combustível tractor para o cultivo tradicional **(arado, disco, e plantação da semente) foi de 47 L ha⁻² yr⁻¹, em comparação com 29 L ha⁻² yr⁻¹ para o cultivo reduzida (escarificador, disco, e plantação da semente) e 14 L ha⁻² yr⁻¹ em sistemas de plantio direto (Fawcett e Towery 2002; Jasa 2002).** Na soja nos Estados Unidos, combustível, na lavoura foi reduzido em um número estimado de 834.700 mil L ou 3,5% com base na taxa de utilização média de 1996 (Brookes and Barfoot 2009, 2011b). Para todas as culturas, biotecnologia geneticamente modificadas, a **redução das emissões de CO₂ as emissões em 2009 foi igual a remoção de 7,85 milhões de carros das estradas.**

do tamanho recomendado pelo registo. em oposição a um traço simples para que fenótipos podem ser colocados

Muitos estudos relatam uma redução no uso de herbicidas com culturas geneticamente modificadas (Brookes and Barfoot 2005; Duke

e Powles 2009). O uso de herbicidas é reflectida no quociente de impacto ambiental (EIQ) (Kovach et al., 1992). O QIA compreende inúmeras variáveis, incluindo toxicologia pesticida, persistência no solo, meia-vida, lixiviação, escoamento, os tempos de exposição potencial para vários tipos de contato (trabalhadores rurais e consumidores), e efeitos reprodutivos, para citar apenas alguns, e formula um único valor com base nos efeitos de um pesticida em trabalhadores rurais, consumidores e componentes ecológicos (Brookes e Barfoot 2011b; Kovach et al. 1992). cultivos transgênicos têm contribuído para uma redução significativa no QIA mundial da agricultura de produção (Brookes and Barfoot 2006). De 1996 a 2005, o uso global de pesticidas foi reduzido em 224 milhões de kg de AI (um redução de 6,9%), e o impacto ambiental global associada com a utilização de pesticidas nas culturas em questão foi reduzida em 15,3%. De 1996 a 2008, o volume de herbicidas utilizados em culturas de soja resistentes aos herbicidas diminuiu em 50 milhões de kg, ou uma redução de 3%, enquanto que o impacto ambiental global associada com o uso de herbicidas diminuiu 16,6% (Brookes and Barfoot 2009). Reduções de utilização do herbicida e EIQ também têm sido relatados para beterraba sacarina geneticamente modificadas (*beta vulgaris* L.) na Europa (Kleter et al. 2008) e na canola canadense (Smyth et al. 2011).

Desde a introdução de transgênicos, de soja resistente ao herbicida em 1996 até 2001, o número de herbicidas usadas que a rotulagem divulgação necessário USEPA águas subterrâneas foi reduzida em 60% ou 7,7 milhões de kg (Krueger 2001). No entanto, muitos dos herbicidas que estão a ser utilizados agora para controlar ervas daninhas resistentes ao glifosato, tais como Palmer amaranço, tem avisos USEPA águas subterrâneas (por exemplo, metolaclo e fomesafen), e alguns, tais como diuron e fluometurão, estão sob crescente escrutínio por contaminação de superfície e subterrâneas. A propagação de ervas daninhas resistentes ao glifosato, provavelmente, aumentar o uso de herbicidas com menos segurança ambiental em comparação com o glifosato.

O efeito de plantas geneticamente modificadas para as populações microbianas solo e da planta não tem sido mostrado para ser um potencial risco ambiental. Dunfield e Germida (2004) concluiu que os transgenes podem ser transferidos para os organismos do solo através de transferência de genes horizontal no laboratório, mas o processo não foi demonstrado que ocorre num ambiente natural do solo. Diversidade de populações microbianas pode ser afectada pela presença de culturas transgênicas, mas os efeitos, a este ponto, tem sido encontrado para ser menor, e quando um efeito ocorre, é transiente (Dunfield e Germida 2004). A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO 2003) também relataram que as culturas geneticamente modificadas atualmente não apresentam qualquer risco indevido para os ecossistemas do solo.

biodiversidade vegetal é inerentemente afetado por qualquer sistema de cultivo (Dollacker e Rhodes 2007; Marshall, 2001). Por exemplo, solo tende a seleccionar para certas plantas, tais como aumento de gramíneas anuais e diminuiu infestantes de folha larga em sistemas de plantio direto (Tuesca et al 2001; Wruke e Arnold, 1985). No entanto, os herbicidas também influenciam a biodiversidade (Owen 2008). Puricelli e Tuesca (2005) relatou que, independentemente da rotação de culturas ou sistema de plantio direto, o glifosato reduziu a riqueza e densidade da maioria das ervas daninhas no início da temporada, mas o aumento da biodiversidade daqueles emergentes mais tarde na temporada em culturas de verão. Depois de 10 anos de culturas resistentes a herbicidas no Canadá, Beckie et al. (2006) relataram que, apesar de mudanças de ervas daninhas foram documentados como resultado da mudança de resistente à nonherbicide a canola resistente a herbicida, a diversidade de espécies de plantas daninhas não se alterou.

Estratégias de gerenciamento de Mudanças Weed espécies e Desenvolvimento de ervas daninhas resistentes a herbicidas

mudanças de ervas daninhas e ervas daninhas resistentes a herbicidas criar desafios significativos no manejo da cultura. considerável pesquisa foi publicada na redução do aparecimento de ervas daninhas e manejo de ervas daninhas resistentes a herbicidas e mudanças de plantas daninhas resistentes a herbicidas. Elementos dessas estratégias incluem (1) expandidas esforços por cientistas da universidade e da indústria para compreender as percepções de manejo de plantas daninhas e ervas daninhas resistentes a herbicidas, (2) implementação de programas de educação de comunicação e cultivador mais eficazes, (3) a publicação de estratégias de gestão dos produtores concebido para abordar a mitigação e gestão das populações de plantas daninhas resistentes a herbicidas, e (4) investigação sobre as percepções de práticas de manejo de plantas daninhas resistentes a herbicidas recomendados dos produtores.

Práticas de resistência-gestão. Por causa de relatos iniciais de resistência a herbicidas (Ryan 1970), a pesquisa foi direcionada para determinar quais práticas são melhores para o gerenciamento de ervas daninhas resistentes a herbicidas e que mais eficazmente podem retardar a evolução das populações adicionais de ervas daninhas resistentes a herbicidas e mudanças de ervas daninhas. Os cientistas têm utilizado testes de campo direto para avaliar estratégias de gestão em ambientes agronômicos variados e modelos de simulação utilizado para prever o potencial de evolução da resistência e da eficácia das estratégias de gestão para mitigar resistência a herbicidas.

Simulação modelagem computacional de resistência está se tornando uma ferramenta cada vez mais valiosa para prever a probabilidade de evolução da resistência e da taxa aproximada em que a resistência irá evoluir (Gressel 2009; Gustafson 2008; Neve 2008; Neve et al 2010). Os primeiros modelos foram baseados em modelos de populações e o uso da herança de um único gene, com alguns parâmetros de modelos insecticida e fungicida de resistência (Gressel 2009). Muitos fatores influenciam a evolução da resistência. Georghiou e Taylor (1986) categorizada como estes genética, biológica / ecológica, e operacional. Os factores genéticos incluem a frequência de alelos de resistência na população, as taxas de mutação, o modo de hereditariedade, e os custos de fitness (Neve

2008). Os factores biológicos incluem ecológicos / sistema de reprodução, o fluxo de genes entre as populações, a sobrevivência das plântulas, a produção de semente, dormência da semente, a viabilidade da semente, e a longevidade do banco de sementes do solo. programas de herbicidas e práticas de gestão compreendem factores operacionais (Neve 2008). Alguns esforços de modelagem primeiros deu previsões imprecisas de resistência porque faltava informação adequada sobre biologia / ecologia das espécies, na aptidão reduzida de biótipos resistentes, e sobre os efeitos das práticas de gestão, tais como efeitos de misturas de herbicidas, sobre evolução da resistência (Gressel e Segal 1990). espécies de ervas daninhas diferentes respondem diferentemente a pressão de seleção de herbicidas e práticas de gestão e genética e biologia das espécies interagem para determinar a resposta espécie de pressão de seleção (Neve 2008).

Os modelos de simulação são úteis para prever a probabilidade de que uma espécie de ervas daninhas irão desenvolver resistência a um herbicida ao longo de uma ampla gama de padrões de utilização do herbicida e práticas de produção (Neve et al. 2010, 2011). Os modelos podem prever mais de uma vez, não é possível testar empiricamente no campo e sem a necessidade de caros, experimentos de campo de longo prazo (Jones e Medd

2005), e eles podem ser responsáveis por factores demográficos e genéticos que possam afectar o risco de resistência (Neve et al.

2010). Por exemplo, numa simulação de 30 anos da evolução de resistência ao glifosato em Palmer amaranço, a previsão era de que, em algodão resistente ao glifosato, em que apenas o glifosato é utilizado, 18% da população amaranço Palmer seria resistente depois de 4 anos, 41% seriam resistentes após 5 anos, e 74% após 20 anos (Neve et al. 2011). Essa previsão estava dentro da gama de observações em campos comerciais (Norsworthy et al. 2008). O modelo também previu como o risco de resistência poderia ser reduzido utilizando-se diferentes práticas de gestão. Quando o glifosato foi aplicado em combinação com o outro antes da plantação, PRE, e herbicidas de pós, o risco de Palmer resistência amaranço foi de apenas 12% (Neve et al.

2011). Uma rotação de algodão e variedades de milho convencionais ou aqueles com outras características de resistência, assim, diversificando herbicidas MOAs-reduzido o risco de resistência cerca de 50% e atrasou a evolução de resistência de 2 a 3 anos. Esses modelos servem como um guia para o desenvolvimento de estratégias resistencemanagement e também apontam para necessidades de pesquisa para a compreensão e mitigação de resistência a herbicidas (Neve et al. 2011). A modelagem é atualmente a principal ferramenta utilizada para comparar as vantagens de side-by-side de práticas de gestão. No entanto, os investigadores estão a implementar testes de campo de longo prazo para avaliar as práticas.

Divulgação de Informações e Grower Adoção de BMPs. Depois resistência a herbicidas em uma erva daninha foi confirmado, os cientistas de ervas daninhas e outros profissionais agrícolas notificar a comunidade agrícola através de múltiplas fontes de mídia, como impressos e eletrônicos publicações, vídeos, entrevistas com os meios agrícolas, e apresentações aos produtores. resistência a herbicidas, em geral, é um tema de discussão na maioria dos encontros de formação realizados por cientistas de universidades e de ervas daninhas indústria. Da mesma forma, muitas universidades, fabricantes de herbicidas e grupos de commodities de cultivo publicar informações sobre a mitigação e gestão de ervas daninhas resistentes a herbicidas em seus sites da Internet. MOA de um herbicida, uma lista de ervas daninhas específicas com resistência a herbicidas confirmada, e orientações detalhadas de manejo e gestão são publicados voluntariamente em alguns rótulos herbicidas dos principais fabricantes norte-americanos,

Uma compreensão das percepções de manejo de plantas daninhas e resistência a herbicidas dos produtores fornece aos cientistas de ervas daninhas com informações valiosas sobre onde e como melhores programas de educação foco e treinamento. percepção produtor de ervas daninhas resistentes a herbicidas e práticas de gestão relacionadas varia de acordo com a geografia e tamanho da operação de agricultura. Em 2007, estudo de Ohio, em percepções cultivador e crenças cerca de manejo de plantas daninhas, foi revelado que os produtores colocado maior importância no controle de populações de ervas daninhas existentes do que na prevenção de ervas daninhas resistentes a herbicidas ou variações de ervas daninhas (Wilson et al. 2008). Os autores propõem que os produtores não utilizam estratégias para reduzir a resistência ao herbicida causa de suas crenças subjacentes que cercam a inevitabilidade da resistência e sua percepção de falta de influência sobre a evolução de plantas daninhas resistentes a herbicidas e mudanças de ervas daninhas. Em resposta, os autores recomendaram que os esforços de treinamento enfatizam a influência do produtor indivíduo sobre o movimento físico (migração) e evolução de plantas daninhas herbicideresistant e mudanças de ervas daninhas. Moss et al. (2007) repetiu essa idéia para controlar blackgrass resistentes a herbicidas em Europeia

mercados de cereais. Em uma pesquisa de 2005, Indiana, no entanto, Johnson e Gibson (2006) relatou que embora uma percentagem baixa (36%) dos produtores eram muito preocupados com resistência ao glifosato, a maioria expressou a vontade de usar estratégias de mitigação e gestão herbicideresistance. Os resultados da sua pesquisa também revelou que cultivadores com operações agrícolas maiores (mais de 800 ha) eram mais preocupados com as ervas daninhas resistentes a herbicidas que foram cultivadores com propriedades menores.

Execução pelos produtores de estratégias para reduzir ou retardar o aparecimento de ervas daninhas resistentes a herbicidas é altamente variável. Nos casos de aveia selvagem e foxtail verde no norte dos EUA Great Plains, os produtores não eram susceptíveis de gerenciar proativamente seus sistemas de cultivo para reduzir ou retardar a evolução da resistência de plantas daninhas (Beckie 2007). Quando os produtores em Delaware encontrou buva resistente ao glifosato, no entanto, aproximadamente 80% responderam a uma pesquisa que valia a pena de incorrer em custos adicionais para preservar o glifosato para uso futuro (Scott e VanGessel 2007). Na Austrália, determinou-se que a maioria dos produtores beneficiariam de estratégias destinadas a reduzir o aparecimento de resistência ao glifosato em plantas daninhas, tais como azevém (Weersink et al., 2005). Nesse exemplo, as práticas de manejo recomendadas para reduzir o aparecimento de resistência foram as mesmas práticas recomendadas para lidar com a resistência, uma vez que desenvolveu. Em outras situações, as escolhas entre estratégias para retardar a evolução de plantas daninhas herbicideresistant e os custos associados com eles foram menos caro do que as opções e os custos relacionados associados com ações correctivas após resistência a herbicidas desenvolvida (Bryant

2007). Em resumo, os custos associados com a prevenção de plantas daninhas e de gestão e as necessidades imediatas de um produtor, tais como restrições econômicas e rotações de culturas, desempenham um papel fundamental na decisão sobre se e quando implementar estratégias de mitigação de resistência a herbicidas.

preferências dos produtores sobre onde obter informações sobre as ervas daninhas resistentes a herbicidas também variam. No final da estação de crescimento de 2005, os produtores norte-americanos foram convidados onde obtiveram informações sobre a resistência ao glifosato. Farm imprensa publicações foram a sua principal fonte de informação (54 a 65%, dependendo do estado), e na próxima fonte mais importante de informação foi negociantes químicos agrícolas ou retalhistas (15 a 23%) e universidades e Serviços de Extensão Cooperativa (CES) (10 a 24%) (Johnson et al. 2009). Nesse estudo, " outros produtores de " colocada uma quarta distante, e a Internet foi mencionado como uma fonte de pelo menos de 1% dos inquiridos. Em um estudo semelhante realizado de 2 anos após o estudo de 2005, as tendências comparáveis foram encontrados em termos de fontes primárias e secundárias de informação sobre a resistência ao glifosato. As informações obtidas de outros produtores, no entanto, foi encontrado para ser quase equivalente ao dos negociantes agrícolas químicos ou retalhistas e universidades e CES. As informações obtidas a partir de fontes da Internet subiu para 4% (Marketing Horizons, Inc., dados não publicados, 2007). No estudo de 2007, além de informações gerais sobre resistência ao glifosato, os produtores foram também pediu suas fontes preferidas de informação para a gestão de ervas daninhas resistentes ao glifosato; para informação de gestão, os concessionários químicos agrícolas ou retalhistas ficou em primeiro lugar (42%), seguido por universidades e CES (22%), o Internet em 7%, e outros produtores a 1%. dados não publicados, 2007). No estudo de 2007, além de informações gerais sobre resistência ao glifosato, os produtores foram também pediu suas fontes preferidas de informação para a gestão de ervas daninhas resistentes ao glifosato; para informação de gestão, os concessionários químicos agrícolas ou retalhistas ficou em primeiro lugar (42%), seguido por universidades e CES (22%), o Internet em 7%, e outros produtores a 1%. dados não publicados, 2007). No estudo de 2007, além de informações gerais sobre resistência ao glifosato, os produtores foram também pediu suas fontes preferidas de informação para a gestão

Vários outros estudos têm sido realizados para obter uma melhor compreensão das práticas de gestão de resistência a herbicida e sua relação com a cultura a ser cultivada. Em uma pesquisa com milho e soja produtores Indiana realizado no inverno de

2003 e 2004, Johnson e Gibson (2006) relatou que mais de 80% dos produtores entrevistados já tinham adotado ou estavam dispostos a adotar, práticas de gestão de resistência a herbicidas por aferição de ervas daninhas, usando herbicidas de solo, utilizando 2,4-D ou dicamba com glifosato em programas de manejo antes da plantação, e utilizando misturas em tanque de POST. Em uma pesquisa de 2007, 400 de milho, 400 de soja, e 400 produtores de algodão nos Estados Unidos foram questionados sobre quais práticas weedmanagement resistentes a herbicidas que sempre ou frequentemente utilizados na sua cultura resistente ao glifosato. produtores de algodão foram mais propensos a usar práticas de gestão de resistência recomendados frequentemente ou sempre, em comparação com milho ou soja produtores. Mais de 70% dos produtores de algodão na pesquisa praticada sete ou mais práticas de gestão de resistência, muitas vezes ou sempre, em comparação com 58% de produtores de milho e 55% de produtores de soja (Frisvold et al. 2009). No entanto, as taxas de adoção de administrar resistência de ervas daninhas com solo suplementar e limpeza do equipamento foi relativamente mais baixa para os produtores de algodão do que para os produtores de milho ou de soja, e os produtores de milho foram mais susceptíveis de rodar MOAs herbicidas, seguido por cultivadores de algodão e, em seguida, os produtores de soja. Usando a tecnologia de resposta imediata durante um 2009 Universidade de Illinois Milho & Soja Classics (um cultivador anual de reuniões e varejista), os produtores foram questionados sobre o uso de herbicidas na soja glyphosateresistente (AG Hager, comunicação pessoal). Em todo o estado, de 62 a 86% de produtores indicaram que eles giram entre os herbicidas com diferentes MOAs quer em mistura em tanque ou em sequência com glifosato. Além disso, 84-99% de produtores indicado que as ervas daninhas resistentes ao glifosato iria alterar a forma como eles controlado de ervas daninhas em culturas resistentes ao glifosato. No geral, as informações obtidas sobre a percepção produtor de práticas de manejo da resistência e, especialmente, os padrões de uso de herbicidas em cultivos resistentes ao glifosato, indica que os produtores vêem a necessidade de gerenciar de forma proativa resistência a herbicidas. No entanto, há uma diferença na percepção da necessidade de gerenciar resistência a herbicidas e as realidades de realmente fazê-lo.

Lições Aprendidas from Management Strategies. Mesmo que a evolução da resistência não pode ser previsto com precisão, uma ausência de estratégias de gestão para reduzir a seleção para ervas daninhas resistentes a herbicidas pode levar a várias consequências negativas, incluindo quebra de safra, aumento dos custos de produção e efeitos ambientais negativos de depender de produtos químicos herbicidas mais velhos e lavoura. Da mesma forma, embora nenhuma prática de gerenciamento ou conjunto de práticas de gestão pode resolver todas as interações entre culturas, espécies de plantas daninhas e herbicidas, existem algumas orientações básicas que têm atrasado com sucesso a evolução da resistência a herbicidas em ervas daninhas.

Diversidade em táticas de manejo de plantas daninhas é a tática única, mais importante para reduzir e gerenciar a evolução de plantas daninhas resistentes a herbicidas. Dependência excessiva de um único herbicida ou grupo único dos herbicidas sem a utilização concomitante de outras estratégias de gestão de ervas daninhas tem encorajado evolução de populações de ervas daninhas resistentes ao herbicida muito usado, mas não é o único factor. Características do herbicida e classe de herbicidas, biologia das plantas daninhas e práticas culturais. tais como a rotação de culturas, práticas de cultivo, e época do plantio, todos desempenham um papel na determinação da probabilidade ea frequência de resistência a herbicidas. A resistência a herbicidas é uma função de (1) a frequência de utilização do herbicida, (2) como o herbicida foi usado, (3) a pressão de selecção forte que é característica do herbicida,

isto é, se as alterações para o site-alvo ocorrem facilmente, sem afectar o funcionamento das plantas (por exemplo, de ALS), ou se o local alvo é altamente conservada de modo que a ocorrência de resistência local alvo é difícil por causa dos efeitos negativos sobre a planta (Tranel e Wright, 2002).

As vantagens da utilização de múltiplos MOAs para retardar e controlar a evolução da resistência a herbicidas têm sido relatados por muitos complexos de culturas de ervas daninhas, espécies-herbicidas (Kaushik et al 2006;. Legleiter e Bradley 2008; Morrison e Bourgeois 1995; Neve 2008; Norsworthy et al 2008;. Weersink et al 2005).. O tipo de sequências de gestão estudadas incluíram misturas de herbicidas aplicados de uma só vez; aplicações pós aplicados sequencialmente na mesma cultura; aplicações de herbicidas PRE solo-activo, seguindo-se aplicações de herbicida de pós dentro da mesma cultura; e a alternância dos herbicidas em anos diferentes e em diferentes colheitas dentro de uma rotação de culturas. Dados limitados de estudos de campo foram publicados comparando cada uma dessas sequências de manejo de herbicidas com todos os outros listados acima,

A rotação de culturas, a gestão de um período de pousio, e as culturas de cobertura, onde praticados, contribuíram também para a mitigação e gestão de ervas daninhas resistentes a herbicidas. Por concepção, a rotação de culturas facilita o uso de herbicidas MOAs alternativos devido à mudança de diferentes complexos ou diferenças entre as espécies de ervas daninhas de culturas-na tolerância de culturas a diferentes herbicidas ou ambos. A rotação de culturas também leva ao uso de práticas culturais adicionais ou diferentes para gerenciar as ervas daninhas (Beckie et al., 2004). Em resumo, vários cientistas têm sequer referida rotação de culturas como a aplicação " diversidade " através de cultivo e de pousio estações para retardar e controlar a evolução de plantas daninhas resistentes a herbicidas (Beckie et al 2004;. Powles 2008).

Em geral, os campos geridos sob plantio direto (mínimo e sistemas de plantio direto) pode criar ambientes em que as ervas daninhas resistentes a herbicidas são propensos a desenvolver. Por causa do solo reduzida, praticantes de lavoura de conservação baseiam-se principalmente e, em alguns casos, apenas, sobre os herbicidas para controlo de infestantes, impondo assim pressões seletivas consistentes e uniformes, muitas vezes em ervas daninhas. A intensidade da pressão de selecção pode, no entanto, depender da família herbicida e tipo de solo. Legere et al. (2000) relataram que um aumento do uso de ACCase inibidores nos sistemas de conservação-lavoura não acelerou o desenvolvimento de populações de aveia selvagens resistentes aos inibidores da ACCase. Neve et al. (2003) descobriram que o aparecimento de resistência ao glifosato em azevém rígida foi retardada em um sistema de mínimos-solo (100% raso profundidade perturbação do solo), em comparação com um sistema não-até (perturbação do solo de 15% na semeadura). A evolução da resistência de aveia selvagem a APP e herbicidas de DCC foi significativamente retardado em sistemas que utilizam cultivo profundo, em vez de cultivo raso (Cavan et al.

2001). Um período de pousio combinado com solo retardada a taxa de aumento da população resistente em várias ordens de magnitude, mas não retardar o aparecimento inicial de resistência em uma simulação conduzida por Hanson et al. (2002) avaliando a resistência a herbicidas em goatgrass articulado (*Aegilops cylindrica* Hospedeiro).

O desejo dos produtores para reduzir custos e maximizar a rentabilidade levou à aplicação de alguns herbicidas a taxas de uso abaixo-rotulados. Beckie (2006) apresentou uma revisão abrangente sobre os efeitos das taxas de herbicidas reduzidas em resistência a herbicidas; muitos fatores influenciaram a resposta de plantas daninhas aos

baixa taxa de utilização do herbicida, incluindo biologia das plantas daninhas, o mecanismo de resistência ao herbicida especial, e a eficácia do herbicida. Além disso, se a resistência a herbicida em plantas daninhas é uma espécie de um traço dominante e o nível de resistência é várias ordens de grandeza, em comparação com o biótipo sensível, em seguida, taxa de herbicida não seria esperado ter um efeito significativo sobre a seleção para a resistência. No entanto, se o traço de resistência é recessivo, em seguida, a taxa pode ter um efeito. Um aumento em indivíduos resistentes dentro de uma população de ervas daninhas para as ervas daninhas cujas mecanismo de resistência é baseada sobre o metabolismo do herbicida é mais dependente da taxa do que os outros tipos de mecanismos de resistência (Sammons et al., 2007). taxas reduzidas também pode levar a mudanças numa população de ervas daninhas para espécies naturalmente tolerantes, espécies com características biológicas inerentes que tornam a população difíceis de administrar (por exemplo, surgimento retardada) ou que o aumento da probabilidade da evolução de biótipos resistentes a herbicidas (Owen e Zelaya 2005). Por exemplo, Wilson et al. (2007) relatou um aumento na **densidade lambsquarters comum após 3 anos de uso de glifosato em 0,4 kg ha⁻¹ duas vezes por ano, em comparação com a utilização de 0,8 kg ha⁻¹ duas vezes por ano.**

A limpeza de equipamento de campo antes de ser movido de campo para campo foi encontrado para ser um eficaz, e, em alguns casos, um crítico, prática para retardar a migração de ervas daninhas herbicideresistente em áreas adjacentes. Cultivadores que incluíam saneamento entre as suas práticas de gestão de ervas daninhas eram menos susceptíveis de ter de aveia selvagem resistente ao herbicida do que aqueles que não incluem saneamento (Legere et al., 2000). Diggle et al. (2003) também relataram que as práticas que limitam o movimento de ervas daninhas eram necessários em conjunto com combinações de herbicidas para retardar substancialmente o aparecimento de ervas daninhas herbicideresistente. Este ponto é ilustrado adicionalmente por o, provavelmente não intencional, o movimento de glifosato resistente **massambará [halepense sorgo (L.) Pers.] Na Argentina desde a sua origem na região Salta norte nas regiões do sul através de operações-combinando personalizados (D. Tuesca, comunicação pessoal).** Práticas que minimizam o espalhamento de lixo a partir de operações de processamento de sementes em terras agrícolas também podem minimizar os riscos associados com as ervas daninhas resistentes a herbicidas. Um número significativo de viável Palmer semente amaranto foram encontrados em compostagem de semente de algodão gin lixo espalhado em terras agrícolas (Norsworthy et al. 2009). Embora seja claro que a limpeza e equipamentos agrícolas sanitização pode ser importante na redução do movimento de ervas daninhas resistentes a herbicidas, deve-se reconhecer que efetivamente limpar esses equipamentos, especialmente combina, é demorado e difícil. John Deere (One John Deere Place, Moline, IL 61265), um dos principais fabricantes de equipamentos agrícolas,

Em resumo, um progresso significativo tem sido feito na compreensão dos efeitos de várias práticas de gestão sobre a evolução de plantas daninhas resistentes a herbicidas ea melhor forma de comunicar as práticas e os seus benefícios para os produtores e outros profissionais agrícolas. Continua a existir a necessidade, no entanto, para entender melhor a ciência e economia de ervas daninhas resistentes a herbicidas para melhorar a formação e educação dos produtores, varejistas agrícolas e distribuidores e consultores.

Fluxo de genes de culturas resistentes a herbicidas

O fluxo de genes é a transferência de material genético ou alelos de uma população de plantas ao outro. O fluxo de genes ocorre através do movimento de pólen, plantas individuais, sementes ou propágulos vegetativos, ou grupos de plantas ou de sementes a partir de um lugar para outro (Mallory-Smith e Zapiola 2008; Slatkin, 1987). O fluxo de genes através do pólen e sementes a partir de ambas as culturas transgênicas e produzidas convencionalmente resistentes a herbicidas tem sido bem documentada (Beckie et al 2003.; Hall et al, 2000.; Perez-Jones et al 2010.; Rajguru et al 2005.; Watrud et al . 2004; Zapiola et al 2008), e este fluxo de genes endereços de secção a partir de culturas resistentes a herbicidas, uma vez que diz respeito a controle de ervas daninhas..

O fluxo de genes não é único para as culturas resistentes a herbicidas e transgênicas, em vez disso, ela ocorre independentemente das técnicas utilizadas para a produção das culturas. Além disso, o fluxo de genes é um fenômeno natural. Trigo e canola são exemplos de culturas que são produtos de fluxo de genes e hibridação natural (Kimber e Sears, 1987; Woo, 1935). Na era de culturas resistentes aos herbicidas, no entanto, o fluxo de genes requer uma mudança na nossa abordagem para controle de ervas daninhas. preocupações de gestão de erva daninha em relação ao fluxo de genes a partir de culturas resistentes aos herbicidas incluem a produção de plantas de cultivo resistentes a herbicidas de voluntários, que pode ser mais difícil ou mais caro para o controle, ou a transferência do gene de resistência a parentes silvestres ou daninhas, produzindo assim um planta resistente a herbicida que exige medidas alternativas ou adicionais de controle.

presença acidental refere-se a níveis baixos de material genético não intencional em sementes, grãos, ou de alimentos e produtos alimentares (Nair 2005).

Mecanismos de Gene fluxo. A maioria dos estudos do gene de fluxo têm-se centrado no movimento de pólen em vez de fluxo de genes por meio de outros mecanismos. O movimento de sementes de colheitas e propágulos vegetativos durante comércio podem ser de maior importância, no entanto, na dispersão de genes resistentes a herbicidas (Squire 2005). O fluxo gênico via sementes e propágulos vegetativos ocorre quando eles são movidos naturalmente ou por seres humanos durante a produção agrícola e comercialização. Transporte de sementes de colheitas e de outros contaminantes que datam do século 19 foi ligada à introdução e disseminação de muitas espécies de ervas daninhas (Muenscher 1936), e esta é uma via natural para a disseminação de material genético a partir de culturas resistentes aos herbicidas. O fluxo de genes através de propágulos vegetativos tem sido abordada raramente, mas poderia ser uma via importante para o movimento do gene em algumas culturas (Mallory-Smith e Zapiola 2008).

Fatores que influenciam Gene fluxo. fluxo de genes mediada por pólen é influenciada pela biologia das espécies, o ambiente, e as práticas agronômicas, enquanto que o fluxo de genes através de sementes e propágulos vegetativos é independente do sistema de acoplamento (um componente de biologia). A biologia das culturas actualmente disponíveis, resistentes a herbicidas é amplamente variada. culturas anuais e mais bienais são comumente cultivada em uma estação de crescimento, enquanto culturas perenes persistem no campo por mais de uma estação de crescimento; algumas culturas perenes reproduzir por propagação vegetativa, além de sementes. O ciclo de vida de culturas perenes significa que o material genético persistir no ambiente por um tempo maior em comparação com as culturas anuais ou bienais.

Fluxo gênico via pólen Movimento. O pólen é um importante meio de fluxo de genes e é mais fácil para estudar, dado o seu curto viabilidade. O fluxo gênico via pólen movimento tem o potencial de ocorrer em todas as culturas que se reproduzem sexualmente, mesmo aqueles que são auto-polinização predominantemente, porque todas as espécies apresentam algum nível de polinização cruzada. valores de cruzamento para a maioria das espécies de plantas que não são bem conhecidos. A extensão da polinização cruzada também pode variar com o cultivar de colheita e das condições ambientais.

O sistema de melhoramento de culturas resistentes a herbicidas podem ser auto-polinização, a polinização cruzada, ou misto. sistemas de criação são independentes do ciclo de vida (ver acima), plantas de auto-polinização produzir ambos os órgãos reprodutivos masculinos e femininos e não contam com a presença de vizinhos para a reprodução. Por definição, as culturas de polinização cruzada tem um maior potencial para o fluxo de genes através do pólen do que fazer culturas de auto-polinizadas. Algumas plantas crosspollinated exibem auto-incompatibilidade, o que impede a auto-polinização e promove a polinização cruzada. Culturas com sistemas de acasalamento mistos podem produzir sementes, quer através de selfpollination ou a polinização cruzada. A probabilidade de fluxo de genes através do pólen também aumenta com a presença de espécies relacionadas vizinha altamente compatíveis, floração síncrono com espécies compatíveis, grandes fontes de pólen, e ventos fortes (Bateman 1947; Giddings 2000; Giddings et al. 1997a, b; Levin, 1981). A distância a que o fluxo de genes ocorre através do pólen é altamente variável, e que é difícil prever a maior distância que o pólen viável pode mover. Em geral, a maior parte do fluxo do gene através do pólen ocorre em distâncias relativamente curtas, porque o pólen é viável para apenas algumas horas ou dias. O pólen é sujeita à dessecação, e a sua viabilidade é influenciado por factores ambientais, tais como temperatura e humidade.

Isolamento de uma cultura resistente a herbicida, quer no espaço ou no tempo, é utilizado para diminuir a probabilidade de fluxo de genes através do pólen. Um tampão física, tal como aumentando a distância entre campos, reduz o fluxo de genes porque a maioria pólen permanece perto da fonte. Um tampão temporais, tal como o uso de datas de plantação escalonados, reduz o fluxo mediada por pólen gene entre os híbridos de milho (Halsey et al., 2005) por causa floração vezes através dos campos tornar assíncrona. Em alfafa (*Medicago sativa*

L.), o corte da colheita para o feno no início da floração pode reduzir a produção de pólen e o potencial para a formação de sementes (Van Deynze et al., 2004).

Gestão de fluxo de genes mediada por pólen em locais não agrícolas é mais difícil, porque os tempos de floração variar muito entre espécies vegetais em locais nativos e não geridos, os tempos de floração de muitas ervas daninhas não estão bem documentadas, e algumas vezes floração mudar com as variações nas temperaturas entre estações. Como consequência, a administração nestes locais geralmente requer a identificação e a remoção de todos os potenciais receptores de pólen.

Apesar dos esforços para mitigar o movimento de pólen, a dispersão natural de pólen através de vento e insetos não pode ser impedido nem absolutamente previsto, e pode ocorrer ao longo de distâncias consideráveis (Beckie et al 2003; Reichman et al 2006; Watrud et al 2004). O fluxo de genes através do pólen pode ser grandemente reduzido, no entanto, através da colocação do gene de resistência ao herbicida em cloroplastos, os quais são herdados maternalmente, ou usando um sistema de criação de animais com esterilidade masculina.

Fluxo gênico via vegetativa propágulos. O fluxo de genes através de propágulos vegetativos de culturas resistentes a herbicidas não foi estudada em profundidade e raramente é mencionado na literatura. propágulos vegetativos, tais como estolhos, rizomas, raízes,

coroas, e bolbos, permitir que plantas individuais para reproduzir no isolamento e podem tornar-se uma fonte de genes de resistência ao herbicida. movimento de curta distância pode ocorrer entre os campos através de meios naturais ou no equipamento compartilhado como ele é movido entre os campos. movimento de longa distância não seria de esperar, exceto com a intervenção humana ou, eventualmente, através de cursos de água (semelhantes à circulação de sementes). movimento de longa distância de propágulos vegetativos destinadas para o plantio tem sido relatada (Carrier 1923). propágulos vegetativos deixadas no solo pode resultar em uma planta estabelecida no ano seguinte e faz erradicação difícil. Reprodução via propágulos vegetativos deve ser considerado um fator de risco no desenvolvimento de planos de gestão destinados a evitar o fluxo de genes.

Fluxo gênico via sementes. Perda de sementes a partir de culturas resistentes a herbicidas podem ocorrer em qualquer ponto desde a plantação até ao destino final ou venda. Os mais passos que ocorrem desde a plantação por meio de operações de pós-colheita, existem mais oportunidades para o fluxo de genes mediada por semente. A mistura de **herbicideresistant e sementes convencionais como é conhecido commingling ou**

mistura (Mallory-Smith e Zapiola 2008). Perdas atribuídas ao erro humano e biologia vegetal são os maiores culpados de entrelaçamento. Entrelaçamento pode ocorrer a plantação se sementes de uma cultivar resistente a herbicidas são misturados com sementes de uma cultivar não resistente a herbicida. Pode ocorrer se as sementes a partir de plantas de cultura voluntário (isto é, plantas que emergem da estação de sementes através da cultura anterior) são colhidas com a colheita corrente ou misturado durante as operações de pós-colheita, tais como a limpeza de sementes, sementes de acondicionamento, o transporte ou o armazenamento. A probabilidade de fluxo de genes por meio de movimento de sementes pode ser reduzida pelo controle de plantas voluntárias, identificação de cultivares correcta, e manipulação apropriada em todos os passos da produção de colheita e processamento pós-colheita e a limpeza do equipamento partilhada. Contudo,

dispersão natural de sementes por meio de vento, a água, e os animais contribui para o fluxo de genes e não pode ser evitado. Em geral, a dispersão natural de sementes ocorre em distâncias relativamente curtas, da ordem de metros, longe de campos de produção (Levin

1981), mas por ser mais persistente do que ambientalmente pólen, sementes pode ser movido mais ao longo do tempo (Squire 2005). Características que podem aumentar o fluxo de genes mediada por semente são tamanho pequeno da semente, a viabilidade das sementes estendida e dormência, e degrane que ocorre antes ou durante a colheita. longevidade das sementes varia muito entre as espécies e pode afetar se uma espécie produz um banco de sementes persistente (mais de 1 ano). Dormência permite genes resistentes a herbicidas para persistir ao longo de vários anos no banco de sementes do solo. Algumas culturas resistentes a herbicidas, tais como o milho, algodão, soja, e pode não produzir um banco de sementes persistente, ao passo que outros, tais como canola e alfafa frequentemente produzir bancos de sementes persistentes. Sementes de algumas culturas, como a canola, são propensos a quebra antes da colheita, e as plantas podem contribuir muitas sementes para o banco de sementes do solo. culturas Herbicideresistant que emergem a partir do banco de sementes persistente será um problema se uma cultura resistente a herbicida com a mesma característica é plantada na rotação, ou se não existe uma boa opção de controle disponível. arroz resistente a herbicida não tem um banco de sementes persistente, mas uma vez que o traço resistente a herbicida escapa para arroz com algas, resistência persistirá no banco de sementes de ervas daninhas de arroz. Em Arkansas, por exemplo, as plantas de arroz de ervas daninhas resistentes a ALS foram detectados em todos os campos amostrados com história Clearfield arroz recorte (Singh, et al., 2012). resistência persistirá no banco de sementes de ervas daninhas de arroz. Em Arkansas, por exemplo, as plantas de arroz de ervas daninhas resistentes a ALS foram detectados em todos os campos amostrados com história Clearfield arroz recorte (Singh, et al., 2012). resistência persistirá no banco de sementes de ervas daninhas de arroz. Em Arkansas, por exemplo, as plantas de arroz de ervas daninhas resistentes

Culturas resistentes a herbicidas nos Estados Unidos. Geneticamente modificados, as culturas resistentes a herbicidas aprovados para venda nos Estados Unidos incluem alfafa, canola, milho, algodão, soja e beterraba. O sistema Clearfield de culturas resistentes aos herbicidas, que inclui canola imidazolinona-resistente, arroz, girassol comum, e trigo, foi produzido sem a inserção dos transgenes. O fluxo de genes a partir de culturas resistentes a herbicidas, uma vez que influencia a gestão de ervas daninhas, será apresentado em maior detalhe por espécies de culturas.

Alfafa. A alfafa é uma planta perene, a polinização cruzada, sem insectpollinated parentes silvestres compatíveis conhecidos nos Estados Unidos (St. Amand et al 2000;. Van Deynze et al.

2004). No entanto, as populações de alfafa selvagens são comuns em áreas onde alfafa é cultivado. A remoção de populações selvagens poderia reduzir a probabilidade de fluxo de gene, mas que não é facilmente conseguido por causa do seu ciclo de vida perene.

Nos Estados Unidos, sementes de alfafa é produzido principalmente nos países ocidentais, em cerca de 40.500 ha (Van Deynze et al., 2004). polinização Insecto mediada é necessário para a produção de sementes de alfafa (Fitzpatrick et al., 2003). Num estudo que avalia o fluxo de genes a partir de campos de alfafa, a dispersão do gene através do pólen para além das distâncias de isolamento correntes foi relatado (St. Amand et al., 2000). taxa de cruzamento em campos de produção de sementes eram 38%, ao passo que as taxas de campos de feno foram menores, mas ainda maior que 25%.

Alfafa semente é pequena, cerca de 500 g de sementes²¹, o que pode aumentar o risco de fungibilidade entre lotes de sementes de alfafa. sementes duras, que são comuns na alfafa, pode ficar latente durante anos antes de germinar (Gunn 1972). dormência de sementes permite alfafa persistir no banco de sementes e produzir voluntários nas culturas subsequentes.

Alfafa pode ser propagada por estacas e coroas de alfafa pode persistir e voltar a crescer (Busbice et al. 1972). coroas de alfafa movidos por máquinas dentro e entre campos pode resultar em fluxo de genes. Embora não há estudos relataram fluxo gene vegetativo em alfafa, este mecanismo de movimento gene necessita de ser investigada.

Canola. Canola é anual, a auto-férteis e de cruzamento de espécies que é tanto a insetos e polinizadas pelo vento e tem o potencial para estabelecer fora do cultivo.

Canola pode ser qualquer um de colza (Brassica napus L.) ou mostarda birdsrape (Brassica rapa G.) (Anteriormente Brassica campestris EU.). InNorth América, a maior parte do canola crescido, e toda a canola resistente a herbicida, é B. napus.

O fluxo gênico via pólen em canola é significativo. taxa de cruzamento tão elevadas como 47% foram relatadas (Williams et al. 1986). Canola pólen dispersão varia desde alguns metros até 1,5 km (Timmons et al., 1995). movimento pólen depende da direcção e velocidade do vento, vegetação envolvente, e a topografia (Gliddon et al 1994;. Thompson et al., 1999). As abelhas são conhecidas para polinizar canola. A maioria das abelhas forragem perto de sua colmeia, mas há relatos de movimento abelha até 4 km (Mesquida e Renard 1982;. Thompson et ai, 1999). Porque grãos de pólen soltas pode ser pego em uma colméia, a 4 km de distância de vôo poderia resultar em pólen sendo movido 8 km. No Canadá, o movimento do gene entre duas linhas de canola geneticamente modificadas foi encontrada a 800 m, que era o limite do estudo (Beckie et al., 2003). Num campo canadense, foram identificadas plantas de canola voluntários que continham transgenes para ambos de canola a glifosato e glufosinato-resistente (Hall et al.

Embora canola geralmente não sobrevivem em ambientes não perturbadas, pode estabelecer, em áreas adjacentes aos locais agrícolas, bermas de estrada, e arestas de campo (Warwick et al., 1999). A ocorrência de plantas de canola resistentes a glifosato e glufosinato ao longo ferrovias e estradas em Canadá foi medida em 2005 (Yoshimura et al., 2006). Em Saskatchewan, 34% de 300 plantas de canola foram testados resistente ao glifosato; em British Columbia, 43% de 81 plantas testadas **eram resistentes. Um híbrido entre B. rapa e B. napus foi identificado como sendo** resistente ao glifosato.

plantas voluntárias de canola pode ser um problema significativo de plantas daninhas em culturas subsequentes (Kaminski 2001; Thomas et al., 1998). Em 35 campos amostradas, a perda de colheita de sementes variou de 3 a 10%, com uma média de cerca de 6% ou um **equivalente de 107 kg ha²¹**

(Gulden et al. 2003a). Em geral, os bancos de sementes de canola diminuir rapidamente, mas uma parte da semente pode persistir durante vários anos (Gulden et ai, 2003b). sementes de canola são relatados para sobreviver mais tempo quando enterrado (Pekrun e Lutman 1998).

Muitos estudos têm abordado o fluxo de genes através do pólen a partir de canola transgênica ou convencional com ervas daninhas relacionadas ou selvagens (Bing et al 1996;. Che'vre et al 1998, 2000;. Darmency et al 1998;. Jorgenson e Andersen, 1994; Jorgenson et ai. 1994, 1996; Lefol et al 1995, 1996;. Rieger et al 2001;.. Warwick et al 2003). O movimento de um gene de resistência ao herbicida levaria a indivíduos resistentes aos herbicidas e a probabilidade de que as populações resistentes poderia ocorrer tanto dentro como fora dos campos cultivados.

Milho (milho). O milho é, uma espécie anual altamente de cruzamento que produz o pólen abundante e é principalmente windpollinated (Brittan 2006; Halsey et al., 2005). O milho possui nenhum parente compatíveis nos Estados Unidos, e não existe o risco de fluxo de genes que poderia resultar em um ervas daninhas resistentes a herbicidas por hibridação. Uma vez que o milho não persistem fora de cultivo, os principais mecanismos de dispersão para um gene herbicideresistance são através do pólen entre vizinhos campos de milho e semente de entrelaçamento.

sementes de milho não quebrar, e milho raramente lança sua semente. No entanto, as sementes de milho são frequentemente dispersas por equipamento de colheita, as plantas de milho maduras podem alojar-se e cair orelhas, orelhas intactas e núcleos individuais podem ser removidos a partir de campos por pequenos mamíferos que se alimentam de comida, e sementes de milho pode ser dispersa ao longo de rotas de transporte comercial. grãos de milho ou orelhas deixadas no campo após a colheita muitas vezes criam plantas voluntárias de milho no ano seguinte (Tolstrup et al., 2003). Gestão de plantas voluntárias de milho resistentes a herbicidas em milho contínua ou resistente ao mesmo herbicida de soja requer o uso de herbicidas adicionais ou alternativos e pode tornar-se um problema económico significativo nas áreas onde o milho é plantada em rotação com soja e algodão (Deem et al. 2006; Clewis et al 2008)..

Algodão. Algodão podem ser auto-polinizadas ou polinização cruzada por insectos. Duas espécies de algodão, de sequeiro (G. hirsutum) e Pima (Gossypium barbadense L.), são cultivadas nos Estados Unidos, com a maior proporção sendo algodão herbáceo.

Uma gama de taxa de cruzamento e um potencial para a polinização insectos proporcionam oportunidade para algum fluxo de genes através do pólen entre campos de algodão (Meredith e Ponte 1973). taxa de cruzamento relatados variam amplamente e dependem do número de polinizadores presentes num campo e, possivelmente, na cultura do algodão (verde e Jones 1953; Simpson e Duncan 1956). **A introdução do transgênico, resistente a insectos Bacilo**

2000).

thuringiensis (Bt) algodão pode levar a um aumento em taxas de cruzamento, devido à maior sobrevivência de polinizadores, como resultado de menos aplicações de inseticidas.

plantas voluntárias de algodão ocasionalmente estabelecer em culturas posteriores, mas eles geralmente não sobrevivem o inverno, exceto em invernos excepcionalmente amenos nos estados norte-americanos meridionais (Wozniak 2002; Iorque et al., 2004). Porque tanto do algodão cultivado nos Estados Unidos é resistente a herbicidas, o maior potencial de mistura das sementes de algodão resistentes a herbicidas com sementes de algodão não resistente a herbicidas podem ocorrer durante descaroçamento se ambos os tipos são processados na mesma instalação.

Grão de sorgo. o Sorgo género inclui (versicolor sorgo Anderss), uma grama selvagem Africano (às vezes chamado de bruinsaadgras.); Sorghum bicolor (L.) Moench, que inclui todas as sorgo, shattercane, e Capim Sudão.; sorgo-almum (alnum sorgo Parodi), uma fraco de ervas daninhas perenes; e massambará [halepens sorgo e (L.) Pers.], uma erva daninha perene e formidável robusta toda a sua gama entre as áreas úmidas e valas de irrigação do sul dos Estados Unidos e Ohio River Valley.

Os sorgo são polinizadas pelo vento. Todas as sorgo cultivadas são interférteis e espontaneamente cruz no campo. Arriola e Ellstrand (1996) relataram que massambará e grãos de sorgo taxas de polinização cruzada pode ser tão elevada como 100%, a distâncias de 0,5 a 100 m. cultivares de grãos de sorgo com resistência à ALS e herbicidas ACCase-inibidor foram desenvolvidos e licenciada pela Universidade do Estado de Kansas. Estas cultivares resistentes a herbicidas são esperados para ser comercializado. Biotipos de massambará que são resistentes a inibidores de ALS e ACCase, as dinitroanilinas, e glifosato têm sido relatados na região midsouth dos Estados Unidos. O surgimento ea propagação de populações herbicideresistant de massambará é uma questão de preocupação econômica em todas as culturas de linha e ao longo das estradas e outras áreas noncrop no Sul, especialmente no midsouth e planícies do sul. A este respeito, o lançamento de cultivares herbicideresistant de sorgo que podem contribuir para a evolução de novas populações de massambará herbicideresistant é uma preocupação.

Arroz. O arroz é uma colheita anual, predominantemente auto-polinizadas com um potencial mínimo de polinização cruzada; ainda, o fluxo gênico de características de resistência ao herbicida é um problema global devido à ocorrência generalizada de arroz daninho nas regiões produtoras de arroz e parentes selvagens na Ásia, África e América Central (Delouche et al., 2007). A tecnologia de arroz resistente a herbicida foi desenvolvido principalmente para controlar arroz de ervas daninhas em arroz.

O fluxo de genes por semente é uma preocupação porque de movimento de sementes de campo para campo através de sistemas de irrigação, maquinaria agrícola, e veículos de grãos. A eliminação do risco de commingling entre cultivares de arroz não resistentes a herbicidas e resistentes a herbicidas é praticamente impossível devido à manipulação grandes quantidades de grãos de arroz da exploração para as docas de transporte. O complexo compreende arroz sete espécies selvagens e invasoras, cinco dos quais (-arroz *Oryza sativa* L.), arroz Barba Marrom / arroz selvagem indiano (*Oryza rufipogon* Griffiths / *Oryza nivara* SD Sharma & Shastry), arroz Africano (*Oryza glaberrima* Steud.), Arroz selvagem (*Oryza barthii* A. Chev.), Arroz e longstamen (*Oryza longistaminata*

(Vaughan et al., 2003). o *Oryza* complexo de espécies podem cruzar (Vaughan et al., 2005); assim, a sua coexistência com resultados de arroz cultivadas em fluxo de genes através do pólen e produziu morfológicamente e biologicamente diversas populações de arroz com algas (Shivrain et al 2010a;.. Shivrain et ai, 2010b), que reduz a eficácia geral do táticas de gestão. Para gerir este problema de plantas daninhas mais difícil do arroz (isto é, arroz daninho), arroz resistente a herbicidas foi desenvolvido. O arroz não transgênico, resistente a herbicidas (Clearfield), que é resistente aos herbicidas imidazolinonas entre o grupo MOA inibidor ALS, é hoje amplamente adotado no sul dos Estados Unidos, com os produtores da América Central e do Sul logo atrás. Esta tecnologia é altamente eficaz no controle de ervas daninhas de arroz com controle geralmente acima de 95% (Avila et al 2005a;.. Levy et al 2006;.. Ottis et ai 2004; Steele et ai. 2002). O gargalo desta tecnologia em arroz são duas: (1) o escape do traço resistente a herbicida para a relação de ervas daninhas ou selvagem, que produz arroz de ervas daninhas resistentes ao herbicida, e (2) selecção de biótipos resistentes a herbicidas não só de arroz com algas mas também outras espécies de ervas daninhas importantes na cultura do arroz que são de outro modo controlada pelos herbicidas ALS-inibidor (por exemplo, flatsedge [*Cyperus* L.] spp., Cockspur / milha pé de galo [*Echinochloa* P. Beauv.] Spp., Fringerush [*Fimbristylis* Vahl] spp.). fluxo gênico de arroz resistente a herbicidas (Clearfield e Liberty Link [Bayer CropScience, Monheim am Rein, Alemanha]) para arroz daninho está bem documentado na Ásia, Europa e nas Américas, mostrando taxas de fluxo de pólen de 0,003% a

0,25% (Chen et al 2004;.. Gealy 2005; Lentini e Espinosa 2005;.. Messeguer et al 2004; Noldin et al 2002;.. Sankula et al 1998;.. Shivrain et al 2006, 2007, 2008;.. Song et al 2003 ; Zhang et ai 2003).. Estes números aparentemente baixa, no entanto, ter resultado na presença de arroz de ervas daninhas resistentes a herbicidas nos campos de arroz Arkansas com, pelo menos, dois anos de história com arroz Clearfield (Singh et al. 2012). arroz daninho resistente a herbicidas resultantes de fluxo de genes parece mais prevalente nas regiões tropicais da América Central e América do Sul (BE Valverde, comunicação pessoal), onde existe nenhuma matança inverno, e arroz é geralmente plantada duas vezes por ano.

Agora que a área cultivada de arroz híbrido no sul dos Estados Unidos aumentou de forma significativa, é importante notar que, enquanto a mais alta taxa de cruzamento com arroz nonhybrid Clearfield é de 0,25%, com Clearfield arroz híbrido, cabe ao 1,26% (Shivrain et al. 2009b). Prolongar a utilidade desta tecnologia reside nos seguintes princípios de gestão de ervas daninhas de base: (1) a adopção de BMPs que assegurar o máximo de eficácia do herbicida, (2) minimizando a sincronização da floração entre arroz resistente a herbicida e arroz com algas (ajustando datas de plantação e sabendo a fenologia de arroz com algas em relação às variedades de arroz), (3) prevenir escapou arroz de ervas daninhas num campo de arroz Clearfield de produção de semente, e (4) prevenção arroz voluntário ou arroz de ervas daninhas de produzir semente no próximo ciclo de colheita, controlando -lo em uma cultura de rotação, tais como soja. É importante ter em conta que uma vez que a característica de resistência é introgressado na população de ervas daninhas de arroz, ele pode ser transferido para outras populações de ervas daninhas de arroz ou de cultivares não resistentes a herbicidas do arroz (Shivrain et al. 2009a).

Até que ponto campos de arroz ou arroz populações daninhas ser uns dos outros para evitar o fluxo de genes mediada por pólen? Em geral, o fluxo de pólen eficaz é detectável dentro de 1 m e diminui de maneira significativa para além dessa (Messeguer et al 2001;.. Shivrain et al 2007;.. Também, ver revisão por Gealy 2005). Eficaz

A. Chev. & Roehr) - São ervas daninhas em campos de arroz em todo o mundo

fluxo de pólen entre o arroz cultivado e arroz selvagem indiano (*O. rufipogon*) foi detectada até 40 m (Song et al., 2003). À medida que o tamanho da população dos doadores de pólen aumenta, a distância polinização efectiva também aumenta. No campo de escala, as experiências de fluxo ricepollen Clearfield, polinização cruzada foi detectada até 297 m (Burgos et al. 2010).

Soja. A soja é um,, espécies altamente autogâmicas auto-férteis anuais (CAVINESS 1966). fluxo de genes mediada por pólen de soja resistente ao herbicida é considerado um risco baixo (Gealy et al., 2007). Soja geralmente não é encontrado fora do cultivo (OECD 2000), e ele não tem parentes compatíveis nos Estados Unidos. No entanto, a polinização cruzada ocorreu em níveis baixos entre cultivares-não-resistente a herbicidas em distâncias curtas (CAVINESS 1966), o que demonstra o potencial para o fluxo de genes entre campos adjacentes.

A maior parte da soja nos Estados Unidos são cultivadas para extração de óleo e ração animal. Portanto, o fluxo de genes poderiam ocorrer durante o transporte de sementes. Devido à adoção generalizada de cultivares resistentes ao glifosato, entrelaçamento não tem sido geralmente uma preocupação. Isto pode mudar com a introdução dos cultivares resistentes a glufosinato. plantas de soja voluntário são comuns em culturas subsequentes e são geralmente wellcontrolled com herbicidas e solo, excepto no algodão, em que os métodos de conservação-lavoura são comuns e glifosato pode ser a única herbicida pós utilizados. manejo de ervas daninhas é um desafio maior quando soja resistentes a herbicidas são cultivadas em rotação com outras culturas resistentes para o mesmo herbicida; ou seja, de milho resistentes ao glifosato cultivadas em rotação com soja resistente ao glifosato.

O movimento de genes de resistência a herbicidas, quer através de pólen ou sementes é de grande preocupação para os produtores de soja que produzem soja não-resistente ao herbicida, e em que as plantas de soja resistentes ao glifosato voluntários requerem diferentes estratégias de gestão, especialmente em ambientes mínimo-ou sem tratamento do solo que dependem pesadamente no uso de glifosato.

Beterraba. *Beterraba sacarina* é uma polinização cruzada, espécies polinizadas pelo vento. Apesar de *beterraba sacarina* é uma bienal, é cultivado como uma colheita anual de inverno para semente ou como um verão anual para produção de raízes. Quando *beterrabas* são cultivadas pelas suas raízes, que são colhidas antes das plantas fugir. Ocasionalmente, haverá algumas plantas que estabelecem semente antes da colheita. Na ocasião que os campos não podem ser colhidas antes do inverno, eles são deixados no campo. Plantas que permanecem em campos pode florescer a próxima época de colheita se não for morto por condições de inverno; no entanto, o fluxo de genes através do pólen ou sementes em campos de produção de raízes, geralmente não é um problema.

Todas as grandes empresas de sementes de *beterraba sacarina* têm abordado a questão do fluxo de pólen de *beterraba* transgênica resistente ao glifosato a culturas compatíveis aumentando voluntariamente as distâncias de isolamento de espécies compatíveis (G. Burt e JR Padrão, comunicação pessoal). Ainda assim, é possível para um campo de produção de sementes a serem plantadas mais perto do que as distâncias de isolamento recomendadas. Pelo menos uma empresa de sementes foi colocado o traço resistente a herbicida nas plantas de semente feminina, eliminando quase movimento pólen resistente a herbicidas em

estes tipos de campos. Para prevenir a mistura de sementes, produtores de sementes não estão autorizados a crescer convencional e herbicideresistente semente de *beterraba sacarina* em sua fazenda no mesmo ano e semente herbicideresistente é limpo e armazenados separadamente (G. Burt e JR Padrão, comunicação pessoal). de grane pode ocorrer durante a colheita, e oferecer-se plantas de *beterraba sacarina* requerem controle em colheitas subsequentes. *Beterraba sacarina* pode produzir um banco de sementes persistente se as sementes são enterradas durante a lavoura.

campos de produção de sementes são estabelecidos usando tanto sementes ou transplantes. Viáveis raízes de *beterraba sacarina* resistentes aos herbicidas que foram deixados após plantação de um campo de sementes foram encontradas em composto vendido para uso em flores e hortas (CA Mallory-Smith, observação pessoal). As raízes não foram eliminados de uma maneira consistente com o protocolo prescrito da empresa. A utilização de transplantes proporciona outro mecanismo potencial para o fluxo de genes.

O *beterraba sacarina* não produzem populações selvagens nos Estados Unidos, mas tem dois parentes compatíveis, *beterrabas* [*beta vulgaris* L. ssp. *macrocarpa* (Guss.) Thell.] E *beterraba selvagem* [*beta vulgaris* ssp. *maritima* (L.) Arcang.], Na Califórnia (USDA banco de dados de planta). Hibridação e introgressão de alelos *beterraba* foram relatados em uma adesão da *B. vulgaris* L. ssp. *macrocarpa*, que é uma erva daninha generalizada dentro e perto dos campos de *beterraba sacarina* em Vale Imperial, CA (Bartsch e Ellstrand 1999). Os autores também sugeriram que a *beterraba sacarina* pode cruzar com *B. vulgaris* spp. *maritima*. O culturas conspecificas *beterraba vermelha* (*beta vulgaris* ssp. *vulgaris* var. *conditiva* Alef.) E *acelga* [*beta vulgaris* L. ssp. *CICLA* (L.) WDJ Koch) hibridar-se livremente com a *beterraba sacarina*. Por conseguinte, há potencial para um gene de resistência a herbicida de persistir no ambiente exterior de campos de produção.

Trigo. O trigo é a espécie de auto-polinização, predominantemente. O trigo não produzir um banco de sementes persistente mas não produz em voluntários seguintes culturas, e trigo voluntário é uma das principais plantas daninhas em sementeira ou sistemas de mínimos-lavoura. Um trigo herbicideresistente poderia ter um efeito negativo na gestão de voluntários, especialmente se fosse resistente ao glifosato, porque o glifosato é a base para o controlo de ervas daninhas em plantio ou sistemas de produção de trigo-mínima de lavoura.

Trigo hibridiza com *goatgrass* articulado, uma erva daninha encontrado em toda regiões de cultivo de trigo no Noroeste do Pacífico e as Grandes Planícies dos Estados Unidos. o F₁ híbridos produzem poucas sementes, porque eles são masculinas estéreis com baixa fertilidade feminina (Zemtra 1998). No entanto, cada retrocruzamento sucessiva para qualquer um dos progenitores aumenta a fertilidade. controlo selectivo de *goatgrass* articulado com um herbicida não foi possível até à introdução de Clearfield (imazamox) cultivares resistentes. Em 2008, os híbridos que transportam o gene de resistência ao herbicida foram encontrados em campos de trigo comercial no Oregon (Perez-Jones et al. 2010). Em levantamentos de campo subsequentes em 2009 e 2010, híbridos resistentes e progénies de retrocruzamento putativos foram generalizadas em toda a região de cultivo de trigo na Eastern Oregon (C. Mallory-Smith, dados não publicados). Os híbridos não estão a ser controlada nos campos de trigo com a aplicação do herbicida por isso permanecer no campo com o potencial de retrocruzamento de trigo ou *goatgrass* articulado.

conclusões

culturas resistentes a herbicidas têm dado colheita produtores agrônômicas, e benefícios ambientais econômicos, incluindo

economia de tempo e custos de produção e aumentar a facilidade de utilização de práticas de conservação de plantio direto. No entanto, o uso repetido de herbicidas com o mesmo MOA em culturas quer convencionais ou resistentes a herbicidas tem levado para ervas daninhas resistentes a herbicidas de generalizadas. tecnologia de cultura resistente a herbicida encorajada uma redução na utilização de múltiplos MOAs herbicidas porque a tecnologia permitiu o uso de herbicidas de amplo espectro, tais como glifosato e glufosinato, ou o controlo de ervas daninhas problemáticas específicas, tais como o arroz vermelho em arroz. Os herbicidas de largo espectro foram também uma resposta ao controlo de ervas daninhas que tinham evoluído resistência a outros MOAs herbicidas.

Muita pesquisa científica de plantas daninhas é focada em prever a probabilidade de evolução da resistência e a taxa na qual ele irá evoluir. Estas previsões exigem conhecimento de muitos fatores, incluindo muitos que são específicos para a erva-sua biologia / ecologia e genética e ao sistema de cultivo e ambiente a que está exposta a população de plantas daninhas. Alguns desses fatores incluem taxas de mutação, os modos de herança, fluxos de genes entre as populações, a produção de sementes e sobrevivência, dormência da semente, e os efeitos das práticas de produção e das interações de herbicidas sobre evolução da resistência. modelagem de simulação de computador é uma ferramenta valiosa para a previsão de evolução da resistência a herbicidas, mas estes e outros fatores devem ser considerados para desenvolver um modelo preditivo de sucesso.

Através de esforços de pesquisa e modelagem, algumas estratégias básicas de gestão de resistência têm sido formuladas. Um dos mais importantes é a diversificação das práticas de gestão, que inclui a diversificação de MOAs herbicidas. Para atenuar resistência de plantas daninhas, é importante que os produtores de culturas entender e usar uma variedade de táticas de controlo de plantas daninhas: controlo preventivo, táticas culturais e mecânicas que proporcionam uma vantagem competitiva para a cultura, táticas biológicas quando possível, e uso criterioso e diversificado de herbicidas. Os produtores devem decidir qual o conjunto de práticas de gestão de resistência irá melhor atender seu sistema de produção única.

Uma compreensão da percepção produtor de manejo de plantas daninhas e resistência a herbicidas informa cientistas de ervas daninhas a respeito de onde e como melhor concentrar os programas de educação e formação. Estratégias para melhorar a educação sobre a resistência a herbicidas incluem: (1) expansão esforços por cientistas da universidade e da indústria para compreender as percepções de manejo de plantas daninhas dos agricultores, práticas recomendadas de gestão de resistência e ervas daninhas resistentes a herbicidas; (2) implementação de comunicação que é mais eficaz e programas de educação cultivador; e (3) as estratégias de gestão de publicação concebido para resolver a mitigação e gestão de ervas daninhas resistentes a herbicidas. Além disso, como conservadores da tecnologia agrícola resistente a herbicidas, a comunidade agrícola como um todo deve aceitar a responsabilidade do uso sustentável da tecnologia.

Reconhecimento

Esta publicação foi apoiada em parte pelo Departamento de Estados Unidos de Agricultura (USDA) Animal and Plant Health Inspection Contrato de Serviço Número 08-2000-0050-CA.

Literatura citada

- Abraham, CT e SP Singh. 1984. Manejo de plantas daninhas na cultura do sorgo-leguminosa sistemas consorciados. *J. Agric. Sei.* 103: 103-115. Akemo, MC, EE Regnier, e MA Bennett. 2000. Weed supressão in **-Spring semeado de centeio (Secale cereale) -PEA (Pisum sativum) cobrir misturas de culturas. Weed Technol. 14: 545-549.**
- Aldrich, RJ 1984. Weed-crop ecologia: princípios em manejo de plantas daninhas. Norte Scituate, MA: Breton. 465 p.
- Alka'mper, N. 1976. Influências de infestação de ervas daninhas no efeito de pensos de fertilizantes. *Pflschutz. NACHR. Bayer.* 29: 191-235.
- American Soybean Association. 2001. Conservação Estudo lavoura. São Luís, MO: ASA. <http://www.soygrowers.com>. Acesso em: 19 de agosto de 2010. Amrhein, N., B. Deus, P. Gehrke, e HC Steinrücken. 1980. O local da inibição da via do chiquimato pelo glifosato, II: interferência de glifosato com formação do corismato in vivo e in vitro. *Planta Physiol.* 66: 830-834.
- Anaele, AO e UR Bishnoi. 1992. Efeitos do solo, o método de controlo de ervas daninhas e espaçamento sobre o rendimento da soja e certas propriedades do solo. *Lavoura do solo Res.* 23: 333-340.
- Anderson, B. 1986. Influência da densidade de colheita e espaçamento em matocompetição **e a produção de grãos de trigo e cevada. páginas 121-128 em Proceedings of the Research Society Simpósio Europeu Weed: controlo da erva daninha Económica. Stuttgart, Alemanha: SARR.**
- Anderson, MP e JW Gronwald. 1991. resistência atrazina numa folha de veludo **(theophrasti Abutilon) biótipo devido à glutatona reforçada S- actividade de transferase. Planta Physiol.** 96: 104-109.
- Anderson, RL, RA Bowman, DC Nielsen, MF Vígilia, RM Aiken, e JD Benjamin. 1999. rotações de culturas alternativas para as grandes planícies centrais. *J. Prod. Agric.* 12: 95-99.
- Appleby, AP 2005. A história do controlo de plantas daninhas nos Estados Unidos e Canadá-uma sequela. *Weed Sei.* 53: 762-768. Arce, GD, P. Pedersen, e RG Hartzler. 2009. Os efeitos da taxa de soja sementeira no manejo de plantas daninhas. *Weed Technol.* 23: 17-22. Arriola, PE e NC Ellstrand. 1996. fluxo gene Colheita-a-ervas daninhas no género **Sorgo (Poaceae): hibridação interespecifica espontânea entre massambará, halepense sorgo, e cultura do sorgo, S. bicolor. Sou. J. Bot.** 83: 1153-1160.
- Ateh, CM e JD boneca. 1996. centeio de Inverno plantadas-mola (Secale cereale) como um cobertura viva para controlar ervas daninhas em soja (Glycine max). *Weed Technol.* 10: 347-353.
- Avila, LA, DJ Lee, SA Senseman, GN McCauley, JM Chandler, e JT Cothren. 2005a. Avaliação da acetolactato sintase (ALS) tolerância ao imazetapyr em **ecótipos de arroz vermelho (Oryza spp.) e arroz tolerantes imidazolinona / resistente (Oryza sativa) variedades. Pest Manag. Sei.** 61: 171-178. Avila, LA, SA Senseman, GN McCauley, JM Chandler, e JH O'Barr.
- 2005b. Efeito do tempo de inundação em arroz vermelho (Oryza spp.) de controlo com imazetapyr aplicado em diferentes seca-semeadas crescimento arroz fases. Weed Technol.** 19: 476-480.
- Ballare, CL e JJ Casal. 2000. sinais claros percebidos por cultura e plantas daninhas plantas. *As colheitas Res.* 67: 149-160.
- Bangarwa, SK, JK Norsworthy, e EE Gbur. 2009. A integração de um cultura de cobertura Brassicaceae com herbicidas em tomate plasticultura. *Weed Technol.* 23: 280-286.
- Bangarwa, SK, JK Norsworthy, EE Gbur, J. Zhang, e T. Habtom. 2011. isotiocianatos de alilo: uma substituição de brometo de metilo em pimentão mulched-poliétileno. *Weed Technol.* 25: 90-96.
- Barberi, P. 2002. Manejo de plantas daninhas na agricultura orgânica: estamos abordando a questões certas? *Res Weed.* 42: 177-193.
- Barnes, JP e AR Putnam. 1986. Evidence de resíduos por resíduos e **extracto aquoso em centeio (Secale cereale). Weed Sei. 34: 384-390. Bartels, PG e W. Watson.** 1978. A inibição da síntese de carotenóides pela fluridone e norflurazon. *Weed Sei.* 26: 198-203. Beckie, HJ 2007. práticas de gestão benéficos para combater a herbicidas gramíneas resistentes no norte do Great Plains. *Weed Technol.* 21: 290-299.
- Beckie, HJ e GS Gill. 2006. Estratégias para gerir resistente a herbicida **ervas daninhas. páginas 581-625 em HP Singh, DR Batish, e RK Kohli, eds. Handbook of Weed Gestão Sustentável (Crop Science). Binghamton, NY: Haworth.**
- Beckie, HJ, LM Hall, S. Meers, JJ Laslo, e FC Stevenson. 2004. práticas de gestão que influenciam resistência a herbicidas em aveia selvagem. *Weed Technol.* 18: 853-859.
- Beckie, HJ, KN Harker, LM Hall, SI Warwick, A. Legere, PH Sikkema, GW Clayton, AG Thomas, JY Leeson, G. Seguin-Swartz, e MJ Simard. 2006. Uma década de culturas resistentes a herbicidas no Canadá. *Pode. J. Sei planta.* 86: 1243-1264.

- Beckie, HJ, EN Johnson, RE Blackshaw, e Y. Gan. 2008. Weed supressão de canola e mostarda cultivares. *Weed Technol.* 22: 182-185. Beckie, HJ, SI Warwick, H. Nair, e G. Se'guin-Swartz. 2003. O fluxo de genes em **campos comerciais de canola resistente a herbicida (Brassica napus)**. *Ecol. Appl.* 13: 1276-1294.
- Beiz, RG 2007. Alelopatia em cultura / interações-weed uma atualização. *Pest Manag. Sei.* 63: 308-326.
- Bhagat, RM, SI Bhuiyan, e K. Moody. 1996. água, solo e de ervas daninhas interações em arroz tropical da planície: uma revisão. *Agric. Manag água.* 31: 165-184.
- Bing, DJ, RK Downey, e GFW Rakow. 1996. hibridações entre **Brassica napus, B. rapa e B. juncea e seus dois parentes de convivência B. nigra e Sinapis arvensis sob condições de polinização aberta no campo. Raça planta.** 115: 470-473.
- Blackshaw, RE e Brandt, RN 2008. Azoto efeito da taxa de fertilizante na erva daninha competitividade é dependente da espécie. *Weed Sei.* 56: 743-747. Blackshaw, RE e JT O'Donovan. 1993. As taxas de colheita de sementes mais elevados podem ajudar manejo de plantas daninhas. *Proc. Brighton Cortar Prot. Conf.* 3: 1003-1008. Blackshaw, RE, RN Brandt, H. Janzen, e T. Entz. 2004a. espécies de plantas daninhas resposta à adubação fosfatada. *Weed Sei.* 52: 406-412. Blackshaw, RE, RN Brandt, H. Janzen, T. Entz, C. Grant, e CA Derksen. 2003. Diferencial de espécies de ervas daninhas para azoto adicionado. *Weed Sei.* 51: 532-539.
- Blackshaw, RE, KN Harker, JT O'Donovan, HJ Beckie, e EG Smith. 2008. O desenvolvimento contínuo de sistemas de manejo de plantas daninhas integrados nas pradarias canadenses. *Weed Sei.* 56: 146-150.
- Blackshaw, RE, LJ Molnar, e HH Janzen. 2004b. fertilizante de azoto tempo e método de aplicação afetar o crescimento de ervas daninhas e competição com trigo de primavera. *Weed Sei.* 52: 614-622.
- Blackshaw, RE, JR Moyer, KN Harker, e GW Clayton. 2005. Integração de práticas agronômicas e herbicidas para manejo de plantas daninhas sustentável em zero até rotação de ervilha cevada-campo. *Weed Technol.* 19: 190-196. Boerboom, C. e MD Owen. 2006. Dados sobre **ervas daninhas resistentes ao glifosato. Em** O glifosato, Weeds e Culturas Series. GWC-1. West Lafayette, IN: Universidade de Purdue. 5 p. <http://www.extension.purdue.edu/extmedia/GWC/GWC-1.pdf>. Acesso em: 01 de setembro de 2010. **Boger, P., B. Matthes, e J. Schmalz b. 2000. Para o alvo principal de cloroacetamidas: novas descobertas pavimentar o caminho.** *Pest. Manag. Sei.* 56: 497-508. Brittan, K. 2006. Métodos para permitir a coexistência de produção de milho diversificada **sistemas. Em Biotecnologia Agrícola na Califórnia Series. Oakland, CA: Universidade da Califórnia Publicação 8192.**
- Brookes, G. e P. Barfoot. 2005. culturas GM: O econômica global e impacto ambiental - os primeiros nove anos 1996-2004. *Agbioforum* 8: 187-196. <http://www.agbioforum.org>. Acesso em: 04 novembro de 2011.
- Brookes, G. e P. Barfoot. 2006. impacto global das lavouras GM: Sócio-efeitos econômicos e ambientais nos primeiros dez anos de uso comercial. *Agbioforum* 9: 139-151. <http://www.agbioforum.org>. Acesso em: 24 de agosto de 2010.
- Brookes, G. e P. Barfoot. 2009. Culturas GM: global Socio-Econômico e Impactos Ambientais 1996-2007. Dorchester, UK: PG Economics. Brookes, G. e P. Barfoot. 2011a. Lavouras GM: global Socio-Econômico e Impactos Ambientais 1996-2008. Dorchester, UK: PG Economics. Brookes, G. e P. Barfoot. 2011b. Global impacto de culturas GM: efeitos ambientais 1996-2009. *GM Crops Food* 2: 1-16. Bryant, KJ 2007. O que vai resistentes ao glifosato custo caruru centro-sul algodão? Delta Farm Press. 11 de Maio.
- Buhler, DD 1997. Efeitos do solo e ambiente de luz na emergência dos 13 ervas daninhas anuais. *Weed Technol.* 11: 496-501.
- Buhler, DD 2002. Desafios e oportunidades para integrado de plantas daninhas gestão. *Weed Sei.* 50: 273-280.
- Burgos, NL 2004. Introdução ao simpósio sobre mecanismos metabólicos conferindo resistência a herbicidas. *Weed Sei.* 52: 440.
- Burgos, NR e Talbert ER. 2000. actividade diferencial de aleloquímico **de Secale cereale em bioensaios de mudas. Weed Sei.** 48: 302-310. **Burgos, NR, VK Shivrain, L. Inglês, E. Gbur, MA Sales, F. Lamego, e E. Bradley.** 2010. O campo de fluxo de pólen escala de arroz resistente a herbicida 'CL171' de **arroz convencional na Arkansas. Sumário O-65 em Paisagens de Trabalho: Fornecer para o futuro;** Denver, CO Lawrence, KS: Sociedade de Gestão de Gama e Weed Science Society of America. Vol. 50. Burton, JD, JW Gronwald, Somers DA, BG Gengenbach, e DL Wyse. 1989. Inibição de milho carboxilase de acetil-CoA por ciclohexanodiona e herbicidas arylphenoxypropionate. *Pest. Sei.* 34: 76-85. Busbice, TH, RR Hill, Jr., e HL Carnahan. 1972. Genética e Melhoramento **procedimentos. páginas 283-318 em CH Hanson, ed. Alfalfa Ciência e Tecnologia. Madison, WI: Sociedade americana de Agronomia.**
- Carey, VF, RE Hoagland, e RE Talbert. 1997. mecanismo de resistência milha pé de galo propanil-resistentes: II. metabolismo in vivo da molécula de propanil. *Pestic. Sei.* 49: 333-338.
- Carpenter, J. e L. Gianessi. 1999. herbicidas soja tolerante: por que os produtores são adoção de variedades Roundup Ready. *Agbioforum* 2: 65-72. <http://www.agbioforum.org/v2n2/v2n2a02-carpenter.htm>. Acesso em: 24 de agosto de 2010. Carrier, L. 1923. plantio vegetativo. *Touro. Sect verde. US Golf Assoc.* 3: 102-113.
- Casida, JE, RA Gray, e H. Tilles. 1974. sulfóxidos tiocarbamato: potentes, herbicidas selectivos, e biodegradáveis. *Ciência* 184: 573-574. Caton, BP, JE Hill, M. Mortimer, TC Foin, e RT Lubigan. 2002. desenvolvimento dossel de arroz dirigir-semeado e alguns importantes gramíneas e sedge em resposta a gestão da água. *Agric. Para. Meteorol.* 111, 39-53. Caviness, CE 1966. As estimativas de polinização cruzada natural na soja Jackson em Arkansas. *Crop Sei.* 6: 211-212.
- Cerdeira, AL e SO Duke. 2006. O estado actual e ambiental impactos de culturas resistentes ao glifosato: uma revisão. *J. Environ. Qual.* 35: 1633-1658.
- Chen, LJ, DS Lee, ZP Song, HS Suh, e BR Lu. 2004. O fluxo gênico **de arroz cultivado (Oryza sativa) aos seus parentes de convivência e selvagens. Ann. Robô. (Lond.)** 93: 67-73.
- Che'vre, AM, F. Eber, A. Baranger, G. Hureau, P. Barret, H. Picault, e M. Renard. 1998. Caracterização de gerações de retrocruzamento obtido sob condições de campo a partir **de colza-selvagem rabanete F1 híbridos interespecíficos: uma avaliação da dispersão transgene. Subida. Appl. Genet.** 97: 90-98. Che'vre, AM, F. Eber, H. Darmency, A. Fleury, H. Picault, JC Letanneur, e M. Renard. 2000. A avaliação da hibridação interespecífica entre colza transgênica e rabanete selvagem sob condições agronômicas normais. *Subida. Appl. Genet.* 100: 1.233-1.239.
- Clewiss, SB, WE Thomas, WJ Everman, e JW Wilcut. De 2008. O glufosinato-resistente interferência milho em algodão glufosinato-resistente. *Weed Technol.* 22: 211-216.
- Colquhoun, JB, CM Konieczka, e RA Rittmeyer. 2009. Capacidade de batata cultivares de tolerar e suprimir as ervas daninhas. *Weed Technol.* 23: 287-291. Crutchfield, DA, GA Wicks, e OC Burnside. 1985. Efeito de inverno **trigo (Triticum aestivum) A palha nível no controlo de ervas daninhas. Weed Sei.** 34: 110-114.
- Cummins, I. e R. Edwards. 2010. A bioquímica da resistência a herbicida em ervas daninhas. *Perspectivas Pest Manag.* 21: 73-77. Darmency, H., E. Lefol, e A. Fleury. 1998. hibridizações espontâneas entre colza e rabanete selvagem. *Mol. Ecol.* 7: 1467-1473. de Almeida, FS 1985. Efeito de algumas coberturas de culturas de inverno na erva daninha do solo **infestação. páginas 651-659 em Anais da Conferência British Crop. Brighton, Reino Unido: British Crop Protection Council. DeBruin, SL e EW Bork.** 2006. Controle biológico de cardo em pastagens temperadas utilizando alta densidade de gado de pastoreio rotacionais. *Biol. Controlo* 36: 305-315.
- De Carvalho, SJP, M. Nicolai, RR Ferreira, Av de Oliveira Figueira, e PJ Christoffoleti. 2009. Herbicida selectividade pelo metabolismo diferencial: considerações para reduzir os danos da colheita. *Sei. Agric. (Piracicaba, Braz.)* 66: 136-142.
- Considerem, W., A. Hamill, C. Shropshire, N. Soltani, e PH Sikkema. 2006. **Controlo de milho resistente a glifosato voluntário (Zea mays) em soja glyphosateresistant (Glycine max).** *Weed Technol.* 20: 261-266. Deleye, C., Y. Menchari, S. Michel, e H. Darmency. 2004. Base molecular para sensibilidade a herbicidas de ligação à tubulina em rabo de raposa verde. *Planta Physiol.* 136: 3920-32.
- Delouche, JC, NR Burgos, DR Gealy, GZ de San-Martin, R. Labrada, M. Larinde, e C. Rosell. 2007. Arroz Weedy: Origem, biologia, ecologia e controle. Roma: Organização de Alimentação e Agricultura das Nações Unidas. 144 p.
- Derksen, DA, GP Lafond, CJ Swanton, AG Thomas, e HA Loeppky. 1993. O impacto das práticas agronômicas em comunidades de plantas daninhas: sistemas de preparo. *Weed Sei.* 41: 409-417.
- de Vida, FBP, EA Saca, DJ Mackill, GM Fernandez, e AJ Fischer. 2006. Relativos traços de arroz para a competitividade de ervas daninhas e rendimento: uma análise de triha. *Weed Sei.* 54: 1122-1131.
- Devine, MD, SO Duke, e C. Fedtke. 1993. Fisiologia do Herbicida Ação. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. 441 p. Dhima, KV, IB Vasiliakoglou, IG Eleftherohorinos e, como Lethourgidis. 2006. Potencial alelopático de cereais de inverno e seu efeito mulch cultura de cobertura sobre a supressão grama de plantas daninhas e desenvolvimento de milho. *Crop Sei.* 46: 345-352. Dill, GM 2005. cultivos resistentes ao glifosato: história, status e futuras. praga *Manag. Sei.* 61: 219-224.
- Dill, GM, CA CaJacob, e SR Padgett. 2008. culturas resistentes ao glifosato: adoção, usos e considerações futuras. *Pest Manag. Sei.* 64: 326-331.

- Dollacker, A. e C. Rhodes. 2007. Integrando a produtividade das culturas e iniciativas-piloto de conservação da biodiversidade desenvolvido pela Bayer CropScience. *Cortar Prot.* 26: 408-416.
- Donaghy, DI 1980. Efeitos de sistemas de lavoura em espécies de ervas daninhas. páginas 153-158 em CD Fanning, ed. *Proceedings of a Symposium lavoura*. Fargo, ND: North Dakota State University.
- Duke, SO 2005. Fazendo um balanço das culturas resistentes a herbicidas de dez anos depois introdução. *Pest Manag.* Sei. 61: 211-218.
- Duke, SO 2012. Por que há novos modos de ação dos herbicidas apareceu em anos recentes? *Pest Manag.* Sei. 68: 505-512. doi: 10.1002 / ps.2333 [publicada ahead of print 22 de dezembro de 2011].
- Duke, SO e SB Powles. 2009. culturas e ervas daninhas resistentes ao glifosato: agora e no futuro. *Agbioforum* 12: 346-357.
- Duke, SO, JL Lydon, JM Beccerril, TD Sherman, LP Lehnen, e H. Mausumoto. 1991. protoporfirinogênio oxidase que inibem a herbicidas. *Weed Sei.* 39: 465-473.
- Dunfield, KE e JJ Germida. 2004. Impacto de plantas geneticamente modificadas em comunidades microbianas do solo do e associadas a plantas. *J. Environ. Qual.* 33: 806-815.
- Elmore, CD e TB Moorman. 1988. alterações relacionadas lavoura em espécies de ervas daninhas e outras propriedades do solo. *Proc. Sul. Weed Sei. Soc.* Sou. 41: 290. [FAO] Organização para Alimentação e Agricultura das Nações Unidas. 2003. Relatório de Consulta FAOExpert sobre os efeitos ambientais das lavouras geneticamente modificados. <http://www.fao.org/DOCREP/FIELD/006/AD690E/AD690E05.htm>. Acesso em: novembro. 4, 2011.
- Fawcett, R. e D. Towery. 2002. Conservação lavoura e de biotecnologia vegetal: como as novas tecnologias podem melhorar o ambiente reduzindo a necessidade de arar. West Lafayette, IN: Centro de Tecnologia da Informação Conservação. <http://croplife.intraspin.com/Biotech/papers/35%20Fawcett.pdf>. Acesso em: 19 de agosto de 2010.
- Fay, PK 1990. Uma breve visão geral da biologia e distribuição de plantas daninhas em trigo. páginas 33-50 em WW Donald, ed. *Sistemas de controle de plantas daninhas em trigo na América do Norte*. Champaign, IL: Weed Science Society of America. Fedtke, C. 1982. *Biochemistry and Physiology de herbicida de ação*. Nova york: Springer-Verlag, 202 p.
- Ferhatoglu, Y. e M. Barrett. 2006. Estudos de modo clomazone de ação. *Pestic. Biochem. Physiol.* 85: 7-14.
- Ferrando, JC, JE Smith, LB Donato de Cobo, e A. benefico. 1982. *Investigación en labranza reducida en el área de Castelar*. páginas 78-93 em H. Caballero e R. Diaz, eds. *Seminario Labranza reducida en el Cono Sur*. Colonia, Uruguai: Instituto Interamericano de Cooperación par la Agricultura / Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger.
- Fisk, JW, OB Hesterman, R. Silva, JJ Kells, RR Harwood, JM Squire, e CC Sheaffer. 2001. supressão de ervas daninhas por culturas anuais de cobertura de leguminosas em plantio de milho. *Agron. J.* 93: 319-325.
- Fitzpatrick, S., P. Reisen, e M. McCaslin. 2003. fluxo de genes mediada por pólen em alfafa: um resumo três anos de pesquisa de campo. Em: *Anais da Conferência de Melhoramento 2003 Central Alfalfa*, Virtual reunião de Julho 21-25, 2003. <http://www.foragegenetics.com/pdf/3RRA2003CAICAAbstractGeneFlow.pdf>. Acesso em: 08 de setembro de 2010.
- Focke, M. e HK Lichtenthaler. 1987. A inibição da acetil-CoA carboxilase de cloroplastos de cevada por ciclodimide e sethoxydim. *Z. Naturforsch.* 42: 1361-1363.
- Inimigos, MJ, L. Liu, G. Vigue, EW Sttler, LM cera, e PJ Tranel. 1999. A **kochia (scoparia kochia) biótipo resistente a triazina e inibidores da ALS herbicidas.** *Weed Sei.* 47: 20-27.
- Forcella, F., K. Eradat-Oskoui, e SW Wagner. 1993. A aplicação de ervas daninhas ecologia do banco de sementes para o manejo da cultura de baixo de entrada. *Ecol. Appl.* 3: 74-83. Foresman, C. L. e Glasgow. 2008. percepções cultivador dos EUA e experiências com ervas daninhas resistentes ao glifosato. *Pest Manag.* Sei. 64: 388-391.
- Freed, BE, ES Oplinger, e DD Buhler. 1987. controle velvetleaf para sólido-soja semeadas em três sistemas de gestão de resíduos de milho. *Agron. J.* 79: 119-123.
- Frisvold, GB, TM Hurley, e PD Mitchell. 2009. adoção das melhores práticas de gestão para controlar a resistência de plantas daninhas por cultivadores de algodão, milho e soja. Em *A Reunião Anual 2009, Julho 26-28, 2009, Milwaukee, WI: Agricultura e Associação Economia Aplicada*. *Agbioforum*.12: 370-381. Froud-Williams, RJ 1981. mudanças potenciais na erva daninha flores associada com sistemas reduzida-cultivo para a produção de cereais em regiões temperadas. *Res Weed.* 21: 99-109.
- Froud-Williams, RJ 1988. Mudanças na flora de ervas daninhas com diferentes sistemas de manejo e sistemas de gestão agrônomicas. páginas 213-236 em MA Altieri e M. Liebman, eds. *Manejo de plantas daninhas em Agroecossistemas: Abordagens Ecológicas*. Boca Raton, FL: CRC.
- Froud-Williams, RJ, DSH Drennan, e RJ Chancellor. 1983. Influence of regime cultivo em flores daninhas de sistemas de culturas arvenses. *J. Appl. Ecol.* 20: 187-197.
- Fuerst, EP 1987. Compreender o modo de ação da cloroacetamida e herbicidas de tiocarbamato. *Weed Technol.* 1: 270-277. Gaines, TA, W. Zhang, D. Wang, B. Bukun, ST Chisholm, DL Shaner, SJ Nissen, WL Patzoldt, PJ Tranel, AS Culpepper, TL cinzento, TM Webster, WK Vencill, RD Sammons, J. Jiang, C. Preston, JE Leach, e P. Westra. 2010. A amplificação do gene confere resistência ao glifosato em palmeri *Amaranthus*. *Proc. Natl. Acad. Sei. EUA* 107: 1029-1034. Ge, X., DA d'Avignon, JH Ackerman, e RD Sammons. 2010. rápido sequestro vacuolar: o mecanismo de resistcia ao glifosato horseweed. *Pest. Manag.* Sei. 66: 345-348. Gealy, DR movimento 2005. **Gene entre o arroz (Oryza sativa) e arroz daninho (Oryza sativa) - uma perspectiva de arroz temperado US.** páginas 323-354 em J. Gressel, ed. *Cortar Fertility e Voluntariado*. Boca Raton, FL: CRC. Gealy, DR, KJ Bradford, L. Hall, R. Hellmich, A. Raybould, J. Wolt, e D. Zilberman. 2007. Implicações de fluxo de genes no aumento de escala e o uso comercial de produtos derivados da biotecnologia: considerações de ordem económica e de política. Ames, IA: CAST (Conselho para a Ciência e Tecnologia Agrícola) Issue Paper 37. 24 p.
- Gealy, DR, EJ Wailes, LE Estoninos e RSC Chávez. 2003. arroz **diferenças em cultivares de capim-arroz (supressão Echinochloa crus-galli) e economia de taxas** propanil reduzidos. *Weed Sei.* 51: 601-609. Georgiou, GP e CE Taylor. 1986. Os factores que influenciam a evolução de **resistência. páginas 157-169 em Comissão de Estratégias para a Gestão da Pesticide pragas** resistentes Populações, ed. *Resistência a pesticidas: estratégias e táticas para a gestão*. Washington, DC: National Academies. Giddings, G. 2000. *Modelagem da propagação do pólen de Lolium perenne. o* implicações para a liberação de transgênicos polinizadas pelo vento. *Subida. Appl. Genet.* 100: 971-974.
- Giddings, GD, NR Sackville Hamilton, e MD Hayward. 1997a. o liberação de gramíneas geneticamente modificados, parte 1: dispersão do pólen para amadilhas em **Lolium perenne**. *Subida. Appl. Genet.* 94: 1000-1006. Giddings, GD, NR Sackville Hamilton, e MD Hayward. 1997b. o liberação de gramíneas geneticamente modificados. Parte 2: a influência da direção do vento na dispersão de pólen. *Subida. Appl. Genet.* 94: 1007-1014. Gill, GS e JE Holmes. 1997. A eficácia dos métodos de controle para culturas **luta contra resistente a herbicida Lolium rigidum**. *Pestic. Sei.* 51: 352-358. Givens, WA, DR Shaw, GR Kruger, WG Johnson, SC Weller, BG Young, RG Wilson, MDK Owen, D. e Jordan. 2009. Pesquisa de tendências de lavoura após a adoção de culturas resistentes ao glifosato. *Weed Technol.* 23: 150-156.
- Gliddon, C. 1994. O impacto de híbridos entre cultura geneticamente modificadas plantas e suas espécies relacionadas: modelos biológicos e perspectivas teóricas. *Mol. Ecol.* 3: 41-44.
- Verde, JM e MD Jones. 1953. Isolamento de algodão para aumento semente. *Agron. J.* 45: 366-368.
- Gressel, J. 2009. Evolving compreensão da evolução da resistência herbicida. *Pest Manag.* Sei. 65: 1164-1173.
- Gressel, J. e LA Segel. 1990. Modelagem da eficácia do herbicida rotações e misturas como estratégias para atrasar ou opõe resistência. *Weed Technol.* 4: 186-198.
- Grossmann, K. 2010. herbicidas auxina: estado atual do mecanismo e modo de ação. *Pest Manag.* Sei. 66: 113-120.
- Grundy, AC, RJ Froud-Williams, e ND Boatman. 1992. Os efeitos de taxa de azoto sobre a ocorrência de ervas daninhas em uma cultura de cevada de primavera. *Asp. Appl. Biol.* 30: 377-380.
- Gulden, RH, Shirliff SJ, e AG Thomas. 2003a. perdas de colheitas de canola (**Brassica napus**) causar grandes entradas de banco de sementes. *Weed Sei.* 51: 83-86. Gulden, RH, Shirliff SJ, e AG Thomas. 2003b. semente secundário dormência prolonga persistência de canola voluntário no oeste do Canadá. *Weed Sei.* 51: 904-913.
- Gunn, CR **características 1972. semente. páginas 677-687 em CH Hanson, ed. Alfalfa Ciência e Tecnologia**. Madison, WI: Sociedade americana de Agronomia.
- Gunsolus, JL 1990. controle de plantas daninhas Mecânica e cultural em milho e soja. *Sou. J. Altern. Agric.* 5: 114-119.
- Gustafson, DI 2008. O uso sustentável de glifosato em corte norte-americana sistemas. *Pest Manag.* Sei. 64: 409-416.
- Hall, JC, MJ Vanderloo e DJ Hume. 1996. culturas triazina-resistentes: os **impacto agrônomico e as consequências fisiológicas da mutação cloroplasto**. páginas 107-126 em SO Duke, ed. *Culturas resistentes a herbicidas: agrícola, ambiental, econômica, regulador e Técnicas Aspectos*. Boca Raton, FL, CRC.
- Hall, L., K. Topinka, J. Huffman, L. Davis, e A. Boa. fluxo 2000. Pólen **entre resistente a herbicida Brassica napus é a causa de resistente a múltiplos B. napus voluntários**. *Weed Sei.* 48: 688-694.

- Halsey, ME, KM Remund, CA Davis, M. Qualls, PJ Eppard, e SA Berberich. 2005. Isolamento de milho a partir de fluxo de genes mediada por pólen por tempo e distância. *Crop Sci.* 45: 2172-2185.
- Hanson, DE, Bola de DA, e CA Mallory-Smith. 2002. resistência a herbicidas em **goatgrass articulado (*Aegilops cylindrica*): respostas simuladas para práticas agrícolas. Weed Technol.** 16: 156-163.
- Haramoto, ER e ET Gallandt. 2005. Brassica corte capa, I: efeitos sobre plantas daninhas e estabelecimento da cultura. *Weed Sci.* 53: 605-701.
- Harder, DB, CL Sprague, e KA Renner. 2007. Efeito de linha de soja largura e população em ervas daninhas, produtividade da cultura, e retorno econômico. *Weed Technol.* 21: 744-752.
- Harker, KN, GW Clayton, RE Blackshaw, JT O'Donovan, e FC Stevenson. taxa de 2003. Sementeira, sincronismo herbicida e híbridos competitivos contribuir para a gestão **integrado de plantas daninhas na canola (*Brassica napus*). Pode. J. Sei planta.** 83: 433-440.
- Hartmann, KM e W. Nezadal. 1990. Photocontrol de ervas daninhas sem herbicidas. *Naturwissenschaften* 77: 158-163.
- Heap, I. 2011. A Pesquisa Internacional de herbicidas ervas daninhas resistentes. <http://www.weedscience.com>. Acesso em: 05 de dezembro de 2011.
- Heap, I. 2012. A Pesquisa Internacional de herbicidas ervas daninhas resistentes. <http://www.weedscience.com>. Acesso em: 29 de janeiro de 2012.
- Heim, DR, JR Skomp, EE Tschabold, e I. Larrinua. 1990. Isoxabena **inibe a síntese de materiais de parede celular de ácido-insolúveis em *Arabidopsis thaliana*. Planta Physiol.** 93: 695-700.
- Hill, JE e DE Bayer. 1990. Sistemas integrados para controle do arroz de ervas daninhas. Páginas **85-89 em Os Proceedings 42ª Conferência Anual erva daninha. Salinas, CA: California Weed Science Society. Hilton, HW 1957. herbicidas estirpes tolerantes de ervas daninhas. Em Sugar havaiana Associação Relatório Anual plantadores, 69 p, Honolulu, HI: University of Hawaii, Biblioteca Manoa.**
- Hoagland, RE, JK Norsworthy, F. Carey, e RE Talbert. 2004. **resistência baseado metabolicamente para o herbicida em propanil *Echinochloa* espécies. Weed Sci.** 52: 475-486.
- Holtum, JAM, G. Osmond, JM Matthews, RE Hausler, DR Ligeqren, e SB Powles. 1991. A resistência cruzada a herbicidas em azevém anual (*Lolium rigidum*), III: sobre o mecanismo de resistência ao diclofop-metilo. *Planta Physiol.* 97: 1026-1034.
- [CARH] Herbicida Resistance Action Committee. 2009a. Orientação para gerir agement de resistência a herbicidas. <http://www.hracglobal.com/Publications/ManagementofHerbicideResistance>. Acesso em: 10 de novembro de 2011. [HRAC] Comitê de Ação herbicida Resistência. 2009b. Glossário. <http://www.HRAC/global.com/Glossario/tabid/369/Default.aspx>. Acessado em: 11 de Novembro 2011.
- Husted, RF, JF Olin, e RP Upchurch. 1966. Um novo selectiva **herbicida de pré-emergência: CP-50144 em Anais da Conferência de Controle Weed Central Norte** 21:44.
- Isik, D., E. Kaya, M. Ngouajjo, e H. Mennan. 2009. Weed supressão in orgânico pimenta (*Capsicum annum L.*) com coberturas de inverno. *Cortar Prot.* 28: 356-363.
- Jasa, P. 2002. Sistemas de lavoura de conservação. Lincoln, NE: Universidade de Nebraska. <http://agecon.okstate.edu/isct/labranza/jasa/tillagesys.doc>. Acesso em: 15 de setembro de 2010.
- Johnson, WG e KD Gibson. 2006. ervas daninhas resistentes ao glifosato e estratégias de manejo da resistência: uma perspectiva produtor de Indiana. *Weed Technol.* 20: 768-772.
- Johnson, WG, MDK Owen, GR Kruger, BG novo, DR Shaw, RG Wilson, JW Wilcut, DL Jordan, e SC Weller. 2009. consciência agricultor norte-americano de ervas daninhas resistentes ao glifosato e estratégias de manejo da resistência. *Weed Technol.* 23: 308-312.
- Jones, RE e RW Medd. 2005. A metodologia de avaliação de risco e eficácia das tecnologias de manejo de plantas daninhas. *Weed Sci.* 53: 505-514. Jorgenson, RB e B. Andersen. 1994. hibridação espontânea entre **colza (*Brassica napus*) e weedy *B. campestris* (*Brassicaceae*) um risco crescente de colza geneticamente modificada. Amer. J. Bot.** 81: 1620-1626. Jorgenson, RB, B. Andersen, L. Landbo, e TR Mikkelsen. 1996. **hibridação espontânea entre colza (*Brassica napus*) e parentes de convivência. Acta Hortic.** 407: 193-200.
- Julien, MH e MW Griffiths. 1998. Controle Biológico de Weeds: Um mundo Catálogo de agentes e seus alvos. 4ª ed. Wallingford, UK: CABI. 223 p. Kaminski, D. 2001. Um ano em análise: 2001 problemas de pragas em todo Manitoba. Páginas **22-26 em Proceedings of the Conference Manitoba agrónomos. Winnipeg, Manitoba: University of Manitoba.**
- Kidd, BR, NH Stephen, e HJ Duncan. 1982. O efeito de asulame sobre biossíntese de purinas. *Plant Sci. Lett.* 26: 211-217. Kimber, G. e ER Sears. 1987. Evolução no **gênero *Triticum* ea origem de trigo cultivado. páginas 154-164 em EG Heyne, ed. Trigo e**
- Melhoria. *Agronomia Monografia* No. 13. Madison, WI: ASA, CSSA, ASSS.
- King, LD e M. Buchanan. 1993. Os sistemas de entrada química reduzida recorte no Sudeste dos Estados Unidos, I: efeito de rotações, adubo verde e de fertilizantes de azoto sobre o rendimento das culturas. *Sou. J. Altern. Agric.* 8: 58-77. Kirkland, KJ e HJ Beckie. 1998. Contribuição de fertilizante de azoto **colocação de manejo de plantas daninhas no trigo de primavera (*Triticum aestivum*). Weed Technol.** 12: 507-514.
- Klefer, GA, C. Harris, G. Stephenson, e J. Unsworth. 2008. Comparação de regimes de herbicidas e os potenciais efeitos ambientais associados de cultivos resistentes ao glifosato em comparação com o que eles substituem na Europa. *Pest Manag. Sci.* 64: 479-488.
- Kovach, J., C. Petzoldt, J. Degni, e J. Tette. 1992. Um método para medir a impacto ambiental de pesticidas. Alimentos de Nova York e Ciências da Vida Bulletin. Genebra, NY: Experiment NYS Agricultural Station, Universidade de Cornell. Atualizado anualmente, <http://www.nysipm.cornell.edu/publications/EIQ.html>. Acesso em: 16 de setembro de 2010. Kreuz, K., R. Tommasini, e E. Martinoa. 1996. enzimas velhas para um novo emprego: desintoxicação de herbicidas nas plantas. *Planta Physiol.* 111: 349-353. Krueger, RW 2001. O debate público sobre agrobiotecnologia: A biotecnologia perspectiva da empresa. *Agbioforum* 4: 209-220. Krutz, LJ, MA Locke, e W. Steinriede, Jr. 2009. As interações do solo e cultura de cobertura sobre água, sedimentos e perda de herbicida pré-emergência no algodão glyphosateresistant: implicações para o controle de biótipos glyphosateresistant. *J. Environ. Qual.* 38: 1240-1247.
- Labrada, R. gestão 2006. Weed: um componente básico da cultura moderna **Produção. Capítulo 2 em HP Singh, DR Batish, e RK Kohli, eds. Handbook of Weed Gestão Sustentável (Crop Science). Binghamton, NY: Haworth.**
- Lea, PJ, KW Alegria, JL Ramos, e MG Guerrero. 1984. A acção de 2- **amino-4- (methylphosphiny) - butanóico (fosfotricina) e sua 2- oxo-derivado sobre o metabolismo de cianobactérias e plantas superiores. Phytochemistry** 23: 1-6.
- Lee, DL, MP Prisylla, TH Cromartie, DP Dagarin, SW Howard, W. M. Provan, MK Ellis, T. Fraser, e Mutter LC. 1997. Os requisitos estruturais e de descoberta de **inibidores de p dioxigenase hidroxifenilpiruvato. Weed Sci.** 45: 601-609.
- Lefol, E., V. Daniélou, e H. Darmency. 1996. Prevendo hibridação entre colza transgênica e mostarda selvagem. *As colheitas Res.* 45: 153-161.
- Lefol, E., V. Daniélou, H. Darmency, F. Boucher, J. Maillet, e M. Renard. 1995. Gene dispersão a partir de culturas transgênicas. I. o crescimento de híbridos inter-específicos entre a colza e mostarda selvagem grisalho. *J. Appl. Ecol.* 32: 803-808. Legere, A., HJ Beckie, FC Stevenson, e AG Thomas. 2000. Levantamento de práticas de gestão que afectam a ocorrência de aveia selvagem (*Avena fátua*) resistência a acetil-CoA carboxilase. *Weed Technol.* 14: 366-376. Legleiter, TR e KW Bradley. 2008. O glifosato e herbicidas múltipla **resistência em waterhemp comum (*rudis Amaranthus*) populações de Missouri. Weed Sci.** 56: 582-587.
- Lemerle, DR, D. Cousens, GS Gill, J. Pelzer, M. Moerkerd, EE Murphy, D. Collins, e BR Cullis. 2004. Fiabilidade de taxas de sementeira mais elevadas de trigo para aumento de competitividade com ervas daninhas em ambientes de baixa precipitação. *J. Agric. Sei.* 142: 395-409.
- Lentini, Z. e AM Espinoza. 2005. A coexistência de arroz de ervas daninhas e arroz em **América tropical - fluxo gênico e diversidade genética. páginas 305-322 em J. Gressel, ed. Cortar Fertility e Voluntariado. Boca Raton, FL: CRC. Levin, DA 1981. Dispersão contra o fluxo de genes em plantas. Ann. Bot Missouri. Gard.** 68: 233-253.
- Levy, JR, Jr., JA Bond, EP Webster, JL Griffin, WP Zhang, e SD Linscombe. 2006. resposta arroz Imidazolinone-tolerante a imazetapir aplicação. *Weed Technol.* 20: 389-393. Liebman, M. e AS Davis. 2000. Integração do solo, culturas e plantas daninhas gestão em sistemas agrícolas-external-entrada baixa. *Res Weed.* 40: 27-47. Liebman, M. e E. Dyck. 1993a. estratégias de rotação de culturas e consorciados para manejo de plantas daninhas. *Ecol. Appl.* 3: 92-122. Liebman, M. e E. Dyck. 1993b. manejo de plantas daninhas: a necessidade de desenvolver abordagens ecológicas. *Ecol. Appl.* 3: 39-41. Llewellyn, RS, RK Lindner, DJ Pannell, e LB Powles. 2004. Grain percepções produtor e uso de gerenciamento integrado de plantas daninhas. *Aust. J. Exp. Agric.* 44: 993-1001.
- Lorraine-Colwill, SB Powles, TR Hawkins, PH Hollinshead, SAJ Warner, e C. Preston. 2002. A investigação sobre o mecanismo de resistência ao glifosato em *Lolium rigidum*. *Pestic. Biochem. Physiol.* 74: 62-72. Lotz, LAP, RMW Groeneveld, B. Habekotte, e H. Van Oene. 1991. **Redução de crescimento e reprodução de *Cyperus esculentus* por culturas específicas. Res Weed.** 31: 153-160.

- Lutman, PJW controle 1991. Weed na linhaça: uma revisão. Asp. Appl. Biol. 28: 137-144.
- Malhi, SS, G. Mumei, PA O'Sullivan, e KN Harker. 1988. Um econômica comparação da produção de cevada em zero e cultivo convencional. Lavoura do solo Res. 11: 159-166.
- Malik, MS, JK Norsworthy, AS Culpepper, MB Riley, e W. Bridges. 2008. **Uso de nabo forrageiro (RAPHANUS RAPHANISTRUM) e culturas de cobertura de centeio para a supressão de ervas daninhas em milho doce.** Weed Sei. 56: 588-595.
- Mallory-Smith, C. e M. Zapiola. 2008. O fluxo de genes a partir resistente a glifosato cultivo. Pest Manag. Sei. 64: 428-440.
- Mancinelli, AL 1994. A fisiologia da ação fitocromo. páginas 211-269 em R. Kendrick e G. Kronenberg, eds. **Fotomorfogênese em plantas.** 2a ed. Dordrecht, Países Baixos: Kluwer.
- Melander, B. e G. Rasmussen. 2001. Efeitos de métodos culturais e física controle de infestantes em números de ervas daninhas intrarow, poda manual e produção comercial em directo alho-porro-semeada e cebola bulbo. Res Weed. 41: 491-508. Melander, B., A. Cirujeda, e MH Jorgensen. 2003. Efeitos de capina entrelinha e colocação do fertilizante sobre o crescimento de ervas daninhas e rendimento de trigo de inverno. Res Weed. 43: 428-438.
- Melander, B., IA Rasmussen e P. Barberi. 2005. A integração física e métodos culturais de controle de plantas daninhas-exemplos de investigação europeia. Weed Sei. 53: 369-381.
- Meredith, WR, Jr. e Ponte RR. 1973. cruzamento natural em algodão (*Gossypium hirsutum* L.) no Delta do Mississipi. **Crop Sei. 13: 551-552.**
- Mesquida, J. e M. Renard. 1982. Estudo da dispersão do pólen pelo vento e de a importância da polinização pelo vento em colza (*Brassica napus* var. *Metzger oleifera*). **Apidologie** 4: 353-366 [resumo Inglês]
- Messeguer, J., C. Fogher, E. Guiderdoni, V. Marfa', MM Catala', G. Baldi, e E. Mele'. 2001. **avaliações de campo de fluxo do gene transgênico para arroz cultivado (*Oryza sativa* L.), utilizando um gene de resistência a herbicida como marcador do marcador.** Subida. Appl. Genet. 103: 1151-1159.
- Messeguer, J., V. Marfa', MM Catala', E. Guiderdoni, e E. Mele'. 2004. A estudo de campo de fluxo de genes mediada por pólen de arroz Mediterrâneo GM para o arroz convencional e as ervas daninhas de arroz vermelho. Mol. Procriar. 13: 103-112. Mirsky, SB, ER Galland, DA Mortensen, WS Curran, e DL Shumway. 2010. A redução do banco de sementes de ervas daninhas germinable com distúrbio do solo e de culturas de cobertura. Res Weed. 50: 341-352.
- Molisch, H. 1937. Der Einfluss einer Pflanze auf die Andere-Allelopathie. Jena, Alemanha: Fischer. 106 p.
- Moore, MJ, TJ Gillespie, e CJ Swanton. 1994. Efeito de cultura de cobertura coberturas sobre a emergência de ervas daninhas, ervas daninhas de biomassa, e soja (*Glycine max*) desenvolvimento. Weed Technol. 8: 512-518.
- Moss, SR 1979. A influência do solo e método de eliminação na palha sobrevivência e crescimento e blackgrass (*mysuroides Alopecurus*) e o seu controlo por dotorulão e isoproturão. Ann. Appl. Biol. 91: 91-100. Moss, SR 1980. Um estudo de populações de blackgrass (*mysuroides Alopecurus*) em trigo de inverno, como influenciada pela semente derramado no método de cultura anterior, o sistema de cultivo e eliminação de palha. Ann. Appl. Biol. 94: 121-126. Moss, SR 1985. O efeito da data de perfuração, culturas pré-perfuração e herbicidas em *Alopecurus myosuroides* (*blackgrass*) populações em cereais de inverno. Em 9th Proceedings da Biologia e controlo de ervas daninhas em cereais Conferência. Asp. Appl. Biol. 9: 31-40.
- Moss, SR, SAM Perryman, e LV Tatnell. 2007. Diretor herbicidas **blackgrass resistentes (*mysuroides Alopecurus*): a teoria e a prática.** Weed Technol. 21: 300-309.
- Muenschner, WC 1936. Armazenamento e germinação de sementes de plantas aquáticas. Páginas 16-24 em Weeds. New York, NY: MacMillan.
- Myers, DF, R. Hanrahan, J. Michel, B. Monke, L. Mudge, L. Norton, C. Olsen, A. Parker, J. Smith, D. e Spak. 2009. indaziflam / BCSAA10717-um novo herbicida para controlo de pré-emergência de gramíneas e infestantes de folha larga para o relvado e plantas ornamentais. Abstr. Weed Sei. Soc. Sou. No. 386. Nair, M. 2005. Biossegurança e bioterrorismo: Biodefense, Estratégia, prática, e Ciência 3: 175-179 DOI: 10.1089 / bsp.2005.3.175. <http://www.usda.gov/agencies/ biotecnologia / AC21 / reports / ttpaperv37final.pdf>.
- Nandula, VK 2010. herbicidas de resistência: definições e conceitos. Capítulo 2 em VK Nandula, ed. **Resistência ao glifosato em culturas e ervas daninhas.** Hoboken, NJ: J. Wiley.
- Neve, P. 2007. Desafios para a evolução e manejo da resistência a herbicidas: 50 anos depois de Harper. Res Weed. 47: 365-369.
- Neve, P. modelagem 2008. Simulação para compreender a evolução e gestão da resistência ao glifosato em plantas daninhas. Pest Manag. Sei. 64: 392-401. Neve, P. e S. Powles. 2005. frequências altas de sobrevivência em taxas de uso baixo de herbicidas em populações de *Lolium rigidum* resultar em rápida evolução da resistência a herbicidas. **Heredity** 95: 485-492.
- Neve, P., AJ Diggle, FP Smith, e SB Powles. 2003. evolução Simulando de resistência ao glifosato em *Lolium rigidum*, I: **biologia populacional de uma característica de resistência rara.** Res Weed. 43: 404-417.
- Neve, P., JK Norsworthy, KL Smith, e IA Zelaya. 2010. Modelagem **evolução e gestão de resistência ao glifosato em amaranto Palmer.** Res Weed. 51: 99-112.
- Neve, P., JK Norsworthy, KL Smith, e IA Zelaya. 2011. Modelagem **estratégias de gestão de resistência ao glifosato para Palmer amaranto (palmeri *Amaranthus*) em algodão.** Weed Technol. 25: 335-343. Niggli, U., FP Weibe, e W. Gut. 1990. controlo das ervas daninhas de cobertura orgânica materiais em pomares: resultados de experimentos de campo 8 anos. Acta Hortic. 285: 97-102.
- Noldin, JA, S. Yokoyama, P. Antunes, e R. Luzzardi. 2002. Outcrossing potencial de arroz glufosinato resistente ao arroz vermelho. Planta Daninha 20: 243-251. Nordby, DE, DL Alderks, e ED Nafziger. 2007. competitividade com ervas daninhas de cultivares de soja, com diferentes características de maturidade e largura da copa. Weed Technol. 21: 1082-1088. Norsworthy, JK 2003. potencial alelopático de nabo forrageiro (*Raphanus raphanistrum*). Weed Technol 17L307-313. Norsworthy, JK e JT Meehan, IV. 2005. Uso de isotiocianatos para **supressão de Palmer amaranto (palmeri *Amaranthus*), morningglory sem caroço (*Ipomoea lacunosa*), e juncinha (*Cyperus esculentus*).** Weed Sei. 53: 884-890.
- Norsworthy, JK e MJ Oliveira. 2004. A comparação do período crítico de controlo de ervas daninhas em milho wide e estreita-linha. Weed Sei. 52: 802-807. Norsworthy, JK, NR Burgos, e LR Oliver. 2001. As diferenças de plantas daninhas tolerância ao glifosato envolvem diferentes mecanismos. Weed Technol. 15: 725-731.
- Norsworthy, JK, P. Jha, e W. Bridges, Jr. 2007. sobrevivência fedegoso e fecundidade em wide e estreita-fileira de soja resistente ao glifosato (*Glycine max*). Weed Sei. 55: 252-259.
- Norsworthy, JK, M. McClelland, G. Griffith, S. Bangarwa, e J. Ainda. 2011. Avaliação de cereais e Brassicaceae cobrir as culturas em conservação-solo, algodão resistente ao glifosato melhorada. Weed Technol. 25: 6-13. Norsworthy, JK, P. Neve, KL Smith, C. Foresman, L. Glasgow, e IA Zelaya. 2008. O uso de um modelo para desenvolver soluções práticas para reduzir os riscos de resistente ao glifosato Palmer amaranto em algodão. Fayetteville, AR: Arkansas Agric. Exp. Sta. Res. Ser. 573: 97-102.
- Norsworthy, JK, Smith KL, LE Steckel, e CH Koger. sementes de erva daninha 2009. contaminação de lixo descarregador de algodão. Weed Technol. 23: 574-580. O'Donovan, JT, RE Blackshaw, KN Harker, GW Clayton, JR Moyer, LM Dossdall, DC Maurice, e TK Turkington. 2007. As abordagens integradas para a gestão de ervas daninhas em culturas semeadas por mola no oeste do Canadá. Cortar Prot. 26: 390-398.

[OCDE] Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico. 2000.

Documento de Consenso sobre a biologia de *Glycine max* (L.) Merr. (Soja). No. 15. Paris: OCDE.

Oettmeier, W. 1999. A resistência aos herbicidas e supersensibilidade em fotossistema II.

CMLS celular. Mol. Life Sci. 55: 1255-1277.

Ottis, BV, JH O'Barr, GN McCauley, e JM Chandler. 2004.

Imazethapyr é segura e eficaz para o arroz imidazolinonas tolerantes cultivadas em solos de textura grossa. Weed Technol. 8: 1096-1100. Owen, MDK espécies 2008. Weed deslocamentos em culturas resistentes ao glifosato. praga Manag. Sei. 64: 377-387.

Owen, MDK e IA Zelaya. culturas resistentes a herbicidas de ervas daninhas e 2005.

resistência a herbicidas. Pest Manag. Sei. 61: 301-311. Owen, MDK, BG Young, DR Shaw, RG Wilson, DL Jordan, PM

Dixon, e SC Weller. 2011. estudo de benchmark em sistemas resistentes ao glifosato da colheita nos Estados Unidos, Parte 2: perspectivas. Pest Manag. Sei. 67: 747-757.

Patzoldt, WL, AG Hager, JS McCormick, e PJ Tranel. 2006. Um codão deleção confere resistência a herbicidas inibidores da protoporfirinogênio oxidase. Proc. Natl. Acad. Sei. EUA 103: 12329-34. Pekrun, C. e PJW Lutman. 1998. A influência da cultura pós-colheita

na persistência de espontâneas de colza. Asp. Appl. Biol. 51: 113-118. Perez-Jones, A., B.

Martins, e Mallory CA-Smith. 2010. A hibridização em um **campo de produção comercial entre o trigo resistente a imidazolinona- (*Triticum aestivum*) e *Aegilops cylindrica* resulta em fluxo de genes mediada por pólen de Imi1.** Weed Sei. 58: 395-401.

Place, GT, SC Reberg-Horton, e DL Jordan. 2010. Interação de cultivar, padrão de plantio e manejo de plantas daninhas táticas em amendoim. Weed Sei. 58: 442-448.

Powles, SB e C. Preston. 1995. Herbicida resistência cruzada e múltipla Resistência em plantas. <http://www.hracglobal.com/Publications/HerbicideCross ResistanceandMultipleResistance / tabid / 224 / Padrão.aspx>. Acessado em: 11 de Novembro 2011.

Powles, SB e C. Preston. 2006. Evolved resistência ao glifosato em plantas: base bioquímica e genética de resistência. Weed Technol. 20: 282-289. Powles, SB e Q. Yu. 2010. Evolução em ação: plantas resistentes a herbicidas. Annu. Rev. Biol Plant. 61: 317-347.

- Prather, MS, JM Di Tomaso, e JS Holt. 2000. resistência a herbicidas: Gerenciamento e Definição de estratégias. <http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/8012.pdf>. Acesso em: 26 de novembro de 2011.
- Preço, AJ, KS Kalkcom, SA Culpepper, JA Kelton, RL Nichols, e H. Schomberg. resistente ao glifosato 2011. amaranto Palmer: uma ameaça à lavoura de conservação. *J. solo Água Conserv.* 66: 265-275.
- Puricelli, E. e D. Tuesca. 2005. densidade da erva daninha e da diversidade sob a glifosato seqüências de culturas resistentes. *Cortar Prot.* 24: 533-542.
- Purvis, CE, RS Jessop, e JV Lovett. 1985. regulação seletiva de germinação e o crescimento de ervas daninhas anuais por resíduos de colheitas. *Res Weed.* 25: 415-421.
- Putnam, AR 1994. A fitotoxicidade de resíduos de plantas. páginas 286-314 em PW Unger, ed.** Gerenciando resíduos agrícolas. Boca Raton, FL: CRC. Putnam, AR e J. DeFrank. 1985. A utilização de resíduos de plantas para fitotóxicos o controle selectivo de ervas daninhas. *Cortar Prot.* 2: 173-181. Pys ek, P. e J. Leps . 1991. Resposta de uma comunidade de plantas daninhas a fertilizantes: uma análise multivariada. *J. Veg. Sei.* 2: 237-244.
- Radosevich, SR, JS Holt, e CM Ghersa. 1997. *Weed Ecology, Implicações para a Gestão.* New York: J. Wiley.
- Rajguru, SN, NR Burgos, VK Shivrain, e J. MCD. Stewart. 2005. As mutações no gene de ALS do arroz vermelho associada com resistência a imazetapir. *Weed Sei.* 53: 567-577.
- Rao, AN, DE Johnson, B. Sivaprasad, JK Ladha e AM Mortimer. gestão de 2007. plantas daninhas em arroz dirigir-semeado. *Adv. Agron.* 93: 153-255.
- Rasmussen, K., J. Rasmussen, e J. Petersen. 1996. Efeitos de fertilizante colocação em ervas daninhas em plantas daninhas harrowed cevada de primavera. *Acta Agric. Scand. Seita. B* solo *Plant Sei.* 46: 192-196.
- Reddy, KN 2001. Efeitos de resíduos de colheitas de cereais e de leguminosas tampa sobre as ervas daninhas, **rendimento, e retorno líquido em soja (Glycine max).** *Weed Technol.* 15: 660-668. Reichman, JR, LS Waltrud, EH Lee, CA Burdick, MA Bollman, MJ Tempeste, GA King, e C. Mallory-Smith. 2006. Estabelecimento de agróstea transgênica resistente a herbicida rasteira (*Agrostis stolonifera* L.) em habitats não agronômicos. *Mol. Ecol.* 15: 4243-4255.
- Retzinger, EJ e C. Mallory-Smith. 1997. Classificação de herbicidas por local de ação para as estratégias de manejo da resistência de ervas daninhas. *Weed Technol.* 11: 384-393.
- Richards, MC 1989. Colheita competitividade como uma ajuda para o controle de ervas daninhas. Páginas **755-762 em Anais da 2ª Conferência British Crop. Brighton, Reino Unido: British Crop Protection Council.**
- Richards, MC e G. Whytock. 1993. competitividade Castas com ervas daninhas. *Asp. Appl. Biol.* 34: 345-354.
- Rieger, MA, TD Potter, C. Preston, e SB Powles. 2001. hibridização **entre Brassica napus e L. RAPHANUS RAPHANISTRUM L. sob condições de campo agronômicas.** *Subida. Appl. Genet.* 103: 555-560.
- Rogers, NK, GA Buchanan, e WC Johnson. 1976. Influência da fileira espaçamento na competição das plantas daninhas com algodão. *Weed Sei.* 24: 410-413. Ryan, GF 1970. Resistência de groundsel comum a simazina e atrazina. *Weed Sei.* 18: 614-616.
- Sammons, RD, DC Herring, N. DiNicola, H. Glick, e Elmore GA. De 2007. Sustentabilidade e gestão de glifosato e culturas resistentes ao glifosato. *Weed Technol.* 21: 347-354.
- Sandmann, G. e P. Boger. 1989. A inibição da biossíntese de carotenóides pela **herbicidas. páginas 25-44 em P. Boger e G. Sandmann, eds. Sites alvo do herbicida ação.** Boca Raton, FL: CRC.
- Sankula, S., MP Braverman, e JH Oard. 1998. A análise genética de **resistência a glufosinato em cruzamentos entre arroz transformada (Oryza sativa L.) e arroz vermelho (Oryza sativa EU.).** *Weed Technol.* 12: 209-214.
- Sauer, H., A. selvagem, e W. RÜHLE. 1987. O efeito de fosfinotricina (Glufosinato) na fotossíntese II: as causas de inibição da fotossíntese. *Z. Naturforsch.* 42C: 270-278.
- Scott, BA e MJ VanGessel. 2007. Delaware pesquisa produtor de soja no **resistente ao glifosato horseweed (Conyza canadensis).** *Weed Technol.* 21: de 270 274.
- Serviço, amigo RF 2007. glifosato da conservacionista? *Ciência* 316: 1116-1117.
- Sem-tov, S., SA Fennimore, e WT Lanini. 2006. Manejo de plantas daninhas em **alface (Lactuca sativa) com irrigação pré-plantio.** *Weed Technol.* 20: 1058-1065.
- Shivrain, VK, NR Burgos, HA Agrama, A. Lawton-Rauh, B. Lu, MA Vendas, V. Boyett, DR Gealy e KAK MOLDENHAUER. 2010a. Diversidade genética de arroz daninho (*Oryza sativa*) no Arkansas, EUA. *Res Weed.* 50: 289-302.
- Shivrain, VK, NR Burgos, MM Anders, SN Rajguru, JW Moore, e **Vendas MA. 2007. O fluxo de genes entre Clearfield tm arroz e vermelho.** *Cortar Prot.* 26: 349-356.
- Shivrain, VK, NR Burgos, DR Gealy, KAK Moldenhauer, e CJ Baquizeira. 2008. taxa de cruzamento máxima e compatibilidade genética **entre o arroz vermelho (Oryza sativa) biótipos e Clearfield tm arroz.** *Weed Sei.* 56: 807-813.
- Shivrain, VK, NR Burgos, DR Gealy, MA vendas, e KL Smith. 2009a. **O fluxo de genes a partir de arroz vermelho invasora (Oryza sativa L.) para o arroz cultivado e fitness de híbridos.** *Pest Manag. Sei.* 65: 1124-1129. Shivrain, VK, NR Burgos, KAK Moldenhauer, RW McNew, e TL **Baldwin. 2006. Caracterização de cruzamentos entre espontâneas Clearfield tm arroz (Oryza sativa) e arroz vermelho (Oryza sativa).** *Weed Technol.* 20: 576-584. Shivrain, VK, NR Burgos, MA vendas, A. Mauromoustakos, DR Gealy, **KL Smith, HL Preto, e M. Jia. 2009b. Factores que afetam a taxa de cruzamento entre Clearfield tm arroz e arroz vermelho (Oryza sativa EU.).** *Weed Sei.* 57: 394-403.
- Shivrain, VK, NR Burgos, RC Scott, EE Gbur, Jr., LE Estorninos, Jr., **e McClelland MR. 2010b. Diversidade de arroz vermelho invasora (Oryza sativa L.) em Arkansas, EUA em relação à gestão.** *Cortar Prot.* 29: 721-730. Shrestha, A., JP Mitchell, e WT Lanini. 2007. Subsurface irrigação por gotejamento como uma ferramenta de gestão de ervas daninhas para a produção de tomate convencional e conservação-solo no agroecossistema, semi-áridas. *J. sustentat. Agric.* 31: 91-112. Siddiqi, MEU, ADM Vidro, AI Hsiao, e AN Minjas. 1985. selvagem aveia / interações de cevada: diferenças varietais em competitividade em relação a K + fornecimento. *Ann. Robô. (Lond.)* 56: 1-8.
- Simpson, DM e EN Duncan. 1956. algodão dispersão do pólen por insectos. *Agron. J.* 48: 305-308.
- Singh, HP, DR Batish, e RK Kohli. 2003. interações alelopáticas e aleloquímicos: Novas possibilidades de manejo de plantas daninhas sustentável. *Crit. Rev. Sci Plant.* 22: 239-311.
- Singh, V., NR Burgos, TM Tseng, HL preto, L. Estorninos, Jr., RA Salas, EA Alcober, GM Botha, SMAB Batoy, e DR Gealy. 2012. A diferenciação de traços daninhas em **arroz vermelho resistente ALS. em A Reunião Anual 65 da Conferência da Sociedade Sul Weed Science.** Na imprensa. Slatkin, M. 1987. Gene fluxo na estrutura geográfica de populações naturais. *Science* 236: 787-792.
- Castanho claro, RJ e AR Putnam. 1988. tampa colheita de supressão de ervas daninhas e influência sobre os rendimentos de morango. *HortScience* 23: 132-134. Castanho claro, RJ e KC Vaughn. 1994. A resistência à dintroanilinas herbicidas. **páginas 215-228 em SB Powles e JAM Holtum, eds. Resistência a herbicidas em plantas.** Boca Raton, FL: CRC.
- Smith, H. 1995. função fisiológica e ecológico dentro do fitocromo família. *Annu. Rev. Physiol Plant. Planta Mol. Biol.* 46: 289-315. Smyth, SJ, M. Gusta, K. Belcher, PWB Phillips, D. e Castle. 2011. Mudanças no uso de herbicidas após a adoção de canola HR no oeste do Canadá. *Weed Technol.* 25: 492-500.
- Snapp, SS, SM Swinton, R. Labarta, D. Mutch, RJ Balck, R. Leep, J. Nyiraneza, e K. O'Neil. 2005. cobertura Avaliando culturas para benefícios, custos e desempenho dentro de nichos sistema de cultivo. *Agron. J.* 97: 322-332. Song, ZP, BR. Lu, YG Zhu, e JK Chen. 2003. O fluxo de genes de **arroz cultivado para as espécies selvagens Oryza rufipogon sob condições experimentais de campo.** *New Fitol.* 157: 657-665.
- Sosnoskie, LM, JM Kichler, RD Wallace, e AS Culpepper. 2011. resistência múltipla em Palmer amaranto ao glifosato e pyriothobac confirmou na Geórgia. *Weed Sei.* 59: 321-325. Squire, GR 2005. Contribuição para o fluxo de genes por sementes e pólen. **páginas 73-77 em A. Messean, ed. Anais da 2ª Conferência Internacional sobre a coexistência de cadeias de suprimentos agrícolas geneticamente modificados e com base não-GM.** Montpellier, França: Agropolis.
- St. Amand, PC, DZ Skinner, e RN Peaden. 2000. Risco de alfalfa disseminação do transgene e efeitos dependentes da escala. *Subida. Appl. Genet.* 101: 107-114.
- Standifer, LC e CE Beste. 1985. Os métodos de controle de ervas daninhas para o vegetal **produção com solo limitada. páginas 93-99 em AF Wiese, ed. Controle de plantas daninhas em sistema plantio direto limitada.** Champaign, IL: Weed Science Society of America. Steele, GL, JM Chandler, e GN McCauley. 2002. Controle de arroz vermelho **(Oryza sativa) em arroz tolerantes imidazolinona (O. sativa).** *Weed Technol.* 16: 627-630.
- Sterrett, RB e TA Fretz. 1975. irregularidades mitose induzida por asulam em cebola raiz-dicas. *HortScience* 10: 161-162. Switzer, CM 1957. A existência de estirpes resistentes 2,4-D de cenoura selvagem. Páginas **315-318 em Proceedings of the 11th Conference Controle Nordeste de ervas daninhas.** Columbia, MO: NEWSS.
- Tachibana, K., T. Watanabe, Y. Sekizawa, e T. Takematsu. 1986. Ação mecanismo de bialafos II: acumulação de amoníaco em plantas tratadas com bialafos. *J. Pestic. Sei.* 11: 33-37.
- Tan, S. e SJ Bowe. culturas de 2009. O desenvolvimento de tolerantes a herbicidas a partir de **mutações. Em QY Shu, ed. Mutações de plantas induzidas no Genomics época.** Roma: Organização de Alimentação e Agricultura das Nações Unidas. <http://www.fao.org/docrep/012/i0956e/i0956e10.pdf>. Acesso em: 23 setembro de 2011.

- Teasdale, JR 1998. As culturas de cobertura, sufocar planos e manejo de plantas daninhas. Páginas **247-270 em JL Hatfield, DD Buhler, e BA Stewart, eds. Integrated Weed e Gestão do Solo.** Chelsea, MI: Ann Arbor.
- Tharayil-Santhakumar, N. 2004. Mecanismo de resistência a herbicidas em ervas daninhas. <http://www.weedscience.org/paper/MechanismofHerbicideResistance.pdf>. 38 pp Acesso em: 10 de janeiro de 2012.
- Thill, DC e CA Mallory-Smith. 1996. Gestão de ALS-inibidor **resistente a herbicida scoparia kochia na América do Norte. Páginas 1-4 e 399-405 em H. Brown, GW Cussans, MD Devine, SO Duke, C. Fernandez Quintanilla, A. Helweg, RE Labrada, M. Landes, P. Kudsk, e JC Streibig, eds. Anais do 2º Congresso de Controle Weed Internacional, Copenhagen, Dinamarca, 25-28 junho de 1996.**
- Thomas, AG, BL Frick, e LM Hall. 1998. Alberta levantamento de plantas daninhas de cereais e oleaginosas em 1997. Saskatoon, Canadá Agriculture and Agri-Food Canada Weed Service Survey. Publ. 98-2. 283 p.
- Thompson, CE, G. Squire, GR Mackay, JE Bradshaw, J. Crawford, e G. Ramsay. 1999. Os padrões regionais de fluxo gênico e suas consequências para a GM de colza. **páginas 95-100 em P. Lutman, ed. Fluxo gênico e Agricultura: Relevância para Cultivos Transgênicos.** Brighton, Reino Unido: British Crop Protection Council Symposium Proceedings nº 72.
- Timmons, AM, ET O'Brien, YM Cartas, SJ Dubbels, e MK Wilkinson. 1995. Avaliando os riscos de polinização pelo vento a partir de campos de organismos geneticamente **modificados Brassica napus ssp. oleifera. Euphytica 85: 417-423. Timmons, FL 1970. A história do controle de plantas daninhas nos Estados Unidos e Canadá.** Weed Sei. 18: 294-307.
- Tolstrup, K., SB Anderson, B. Boelt, M. Buus, M. Gylling, PB Holm, G. Kjellssin, S. Pedersen, H. Ostergard, e SA Mikkelsen. 2003. Relatório formar o Grupo de Trabalho sobre "A coexistência de culturas geneticamente modificadas com culturas convencionais e orgânicas. Copenhaga: Ministério da Alimentação, Agricultura e Pescas. 275 p.
- Tranel, PJ e TR Wright. 2002. A resistência de ervas daninhas a inibidores da ALS herbicidas: o que aprendemos? Weed Sei. 50: 700-712.
- Tuesca, D., E. Puricelli, e JC Papa. 2001. Um estudo de longo prazo de flora de ervas daninhas mudanças nos diferentes sistemas de manejo. Res Weed. 41: 369-382.
- Van Deynze, A., DH Putnam, S. Orloff, T. Lanini, M. Canevari, R. Vargas, K. Hembree, S. Mueller, L. e Teuber. 2004. alfafa Roundup Ready: uma tecnologia emergente. Oakland, CA: Universidade da Califórnia, Divisão de Agricultura e Recursos Naturais Publicação 8153.
- Vaughan, DA, H. Morishima, e K. Kadowaki. 2003. **Diversidade na Oryza** gênero. Curr. Opin. Planta Biol. 6: 139-146.
- Vaughan, DA, PL Sanchez, J. Ushiki, A. Kaga, e N. Tomooka. 2005. **Asian arroz e perspectivas de arroz-evolutiva daninhas. páginas 257-277 em J. Gressel, ed. Cortar Fertility e Voluntariado.** Boca Raton, FL: CRC. Veerasekaran, P., RC Kerkwood, e EW Parnell. 1981. Estudos da mecanismo de ação de asulame em plantas, parte I: interação antagonística de asulame e ácido 4-amino-benzóico. Pestic. Sei. 12: 325-329. VENGRI, J., WG Colby, e M. Drake. 1955. Planta competição de nutrientes entre ervas daninhas e do milho. Agron. J. 47: 213-216.
- Vories, ED, TD Valco, KJ Bryant, e RE Glover. 2001. Três anos comparação de sistemas de produção de algodão estreito espaçamento convencional e ultra. Appl. Eng. Agric. 17: 583-589.
- Wakelin, AM, DF Lorraine-Colwill, e C. Preston. 2004. O glifosato **resistência em quatro diferentes populações de Lolium rigidum está associado com a translocação** reduzida de glifosato para as zonas meristemáticas. Res Weed. 44: 453-459.
- Walker, RH 1995. preventiva manejo de plantas daninhas. páginas 35-50 em AE Smith, ed. Manual de** Sistemas de manejo de plantas daninhas. New York: Marcel Dekker.
- Walsh, MJ e SB Powles. 2007. As estratégias de gestão de herbicidas populações de ervas daninhas resistentes em sistemas de produção de culturas de sequeiro australianos. Weed Technol. 21: 332-338.
- Warwick, SI, HJ Beckie e S. pequeno. 1999. Os cultivos transgênicos: novo erva daninha problemas para o Canadá? Fitoproteção 80: 71-84.
- Warwick, SI, MJ Simard, A. Le'ge're, HJ Beckie, L. Braun, B. Zhu, P. Mason, G. Se'guin-Swartz, e CN Stewart. 2003. **A hibridação entre transgênico Brassica napus L. e seus parentes selvagens: Brassica rapa EU., RAPHANUS rAPHANISTRUM EU., Sinapis arvensis L., e Erucastrum Gallicum (Willd.) OE Schulz. Subida. Appl. Genet. 107: 528-539.**
- Watrud, LS, EH Lee, A. Fairbrother, C. Burdick, JR Reichman, M. Bollman, M. Tempestade, G. King, e PK Van de Water. 2004. Evidence for nível da paisagem, o fluxo **de genes mediada por pólen de agróstea rastejante geneticamente modificada com CP4 EPSPS como** um marcador. Proc. Natl. Acad. Sei. EUA 101: 14.533-14.538.
- Weersink, A., RS Llewellyn, e DJ Pannell. 2005. Economia de preventiva gestão para evitar a resistência de ervas daninhas ao glifosato na Austrália. Cortar Prot. 24: 659-665.
- Weston, LA e SO Duke. 2003. Weed e alelopatia das culturas. Crit. Rev. Plant Sei. 22: 367-389.
- Weston, LA e Inderjit. 2007. Alelopatia: uma ferramenta potencial para o desenvolvimento **de estratégias de manejo de plantas daninhas bioracional. capítulo 5 em MK Upadhyaya e RE** Blackshaw, eds. Gestão Weed não-química. Cambridge, MA. CABI.
- Wicks, GA, OC Burnside, e WL Felton. 1994. Controle das ervas daninhas em **sistemas de manejo de conservação. páginas 211-244 em PW Unger, ed. Gerenciando resíduos** agrícolas. Boca Raton, FL: CRC. Wicks, GA, PT Nordquist, PS Baenziger, RN Klein, RH Hammons, e JE Watkins. 2004. Inverno características da cultivar de trigo afetam supressão anual de ervas daninhas. Weed Technol. 18: 988-998. Wiese, AF e JM Chandler. 1988. controle das ervas daninhas na lavoura de conservação **sistemas. páginas 21-53 em Cultivo de Conservação no Texas, Res. Monogr. Estação 15.** College, TX: The Texas A & M University System. Williams, IH, AP Martin, e RP White. 1986. A polinização **requisitos de colza (Brassica napus EU.). J. Agric. Sei. 106: 27-30.**
- Williams, JF, SR Roberts, JE Hill, SC Scardaci, e G. Tibbits. 1990. Gestão da água para o controle de plantas daninhas em arroz. <http://ucanr.org/repository/cao/LandingPage.cfm?artigo5ca.v044n05p7&texto%20completo%205%20sim>. Acesso em: 28 de janeiro, De 2012.
- Williams, MM, II. 2006. data de plantação influências período crítico de erva daninha **controle em milho doce. Weed Sei. 54: 928-933. Wilson, BJ e PA Phipps. 1985. Uma experiência** a longo prazo no solo, rotação **e o uso de herbicidas para o controle de A. fatua em cereais. páginas 32-37 em** Anais da Conferência British Crop. Brighton, Reino Unido: British Crop Protection Council.
- Wilson, RS, MA Tucker, NH Hooker, JT LEJUNE, e D. Doohan. De 2008. Percepções e crenças sobre manejo de plantas daninhas: Perspectivas da Ohio grãos e produzir **agricultores. Weed Technol. 22: 339-350. Woo, J.-C. 1935. A análise do genoma em Brassica com** referência especial para o **formação experimental Brassica napus e modo peculiar de fertilização. Jpn. J. Bot. 7: 389-452.**
- Wozniak, CA avaliação de fluxo de 2002. Gene para protetores incorporados de plantas **pela divisão biopesticida e prevenção da poluição, US EPA. páginas 162-177 em Proceedings do** Workshop Métodos científicos: consequências ecológicas e agrônoma de Gene Fluxo de Cultivos Transgênicos para parentes selvagens. Columbus, Ohio: The Ohio State University. Wruke, MA e WE Arnold. distribuição das espécies de ervas daninhas quando influenciadas 1985.
- pelo solo e herbicidas. Weed Sei. 33: 853-856. [WSSA] Society Weed Science of America. 1998. A resistência e a tolerância definições. Weed Technol. 12: 789. [WSSA] Society Weed Science of America. Declaração 2007. WSSA Posição agentes de controle biológico de ervas daninhas. <http://wssa.net/WeedsTools/Biological/BCPositionStm.htm>. Acesso em: 25 de janeiro de 2012. [WSSA] Weed Science Society of America. 2010. Nomes comuns e químicas aprovado pelo Weed Science Society of America. Weed Sei. 58: 511-518. York, AC, JB Beam, e AS Culpepper. 2005. Controle do voluntário de soja resistente ao glifosato em algodão. J. Sei algodão. 9: 102-109. York, AC, AM Stewart, PR Vidrine, e AS Culpepper. 2004. Controle de voluntário algodão resistente ao glifosato em plantas de soja resistente ao glifosato. Weed Technol. 18: 532-539.
- Yoshimura, Y., HJ Beckie, e K. Matsuo. 2006. transgênica de colza ao longo rotas de transporte e porto de Vancouver no oeste do Canadá. Environ. Segurança Biológica Res. 5: 67-75.
- Jovens, BG 2006. As mudanças nos padrões de uso de herbicida e práticas de produção resultante a partir de culturas resistentes ao glifosato. Weed Technol. 20: 301-307. Yuan, JS, PJ Tranel, e CN Stewart, Jr. 2007. Non-alvo local herbicida **resistência: uma empresa familiar. Sci Trends Plant. 12: 6-13. Zapiola, ML, CK Campbell, MD** Butler, e CA Mallory-Smith. De 2008. Escapar e estabelecimento de agróstea rastejante transgênico resistente ao glifosato **Agrostis stolonifera em Oregon, EUA: um estudo de 4 anos. J. Appl. Ecol. 45: 486-494. Zemetra,** RS, J. Hansen, e CA Mallory-Smith. 1998. potencial para o gene transferir entre trigo e goatgrass articulado. Weed Sei. 46 (3): 313-317. Zentner, RP, CW Lindwall, e JM Carefoot. 1988. Economia de rotações e sistemas de preparo para a produção de trigo de inverno no sul de Alberta. Pode. Econ Farm. 22: 3-13.
- Zhang, N., SD Linscombe, e J. Oard. 2003. Outcrossing frequência e A análise genética de híbridos entre arroz transgênico herbicida glufosinato-resistentes e a erva daninha, o arroz vermelho. Euphytica 130: 35-45. Zimdahl, RL pesquisa de controle 1971. Weed no Colorado batata-um comentário. Sou. J. Res batata. 48: 323-327.

Recebeu 12 dezembro de 2011, e aprovado 03 de abril de 2012.