

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

FACULDADE DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE PLANTAS DE LAVOURA

**PRINCIPIOS
DO CONTROLE DE
PLANTAS DANINHAS**

Organizado

por

NILSON G. FLECK

Professor Adjunto

Porto Alegre, RS

Editado em março de 1986
Revisado em março de 1992

ÍNDICE

	Página
AS PLANTAS DANINHAS.....	01
BIOLOGIA E ECOFISIOLOGIA.....	07
MÉTODOS PREVENTIVOS.....	29
MÉTODOS BIOLÓGICOS.....	36
MÉTODOS CULTURAIS.....	43
MÉTODOS FÍSICOS.....	53
LITERATURA CONSULTADA.....	70
CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA.....	71

MENSÕES A PLANTAS INDESEJÁVEIS CONTIDAS NA BÍBLIA

CASTIGO DE ADÃO E EVA

E Deus disse a Adão: “Porque deste ouvidos à voz de tua mulher, e comeste da árvore, de que eu tinha ordenado que não comesses, a terra será maltida por tua causa; tirarás dela o sustento com trabalhos penosos todos os dias de tua vida. Ela te produzirá **espinhos e abrolhos**, e tu comerás a erva da terra. Comerás o pão com o suor do teu rosto, até que voltes à terra, de que foste tomado; porque tu és pó, e em pó tu hás de tornar”.

(Gênesis, 3:17-19)

PARÁBOLA DO SEMEADOR

Naquele dia, saiu de casa e foi sentar-se à beira do mar; e reuniu-se junto dele povo que ele entrou em uma barca, e aí sentou; e todo o povo estava na praia. Então falou-lhes, largamente, em parábolas, dizendo: “ Eis que saiu o semeador a semear. Quando semeava, uns grãos caíram à beira da estrada; e vieram as aves do céu, e os comeram. Outros caíram em pedregal, onde não havia muita terra; e nasceram logo, porque não tinham terren profundo. Mas, quando despontara o sol, foram queimados, e, por não terem raízes, secaram. Outros caíram entre **espinhos**; e os **espinhos** cresceram e os sufocaram. Outros, enfim, caíram em boa terra; e vieram a dar frutos, uns cem grãos, outros sessenta, outros trinta. Quem tem ouvidos para ouvir, ouça”.

(S. Mateus, 13:2-9)

PARÁBOLA DO JOIO

Propôs-lhes ainda outra parábola, dizendo: “O reino do céu é semelhante a um homem que semeou boa semente no seu campo. Mas, quando dormiam os homens, veio o seu inimigo e semeou joio entre o trigo e foi-se. Quando, pois, cresceu a erva e veio a dar fruto, apareceu também o joio. Chegaram-se então os servos ao pai de família, e perguntaram-lhe: - Senhor, porventura não semeaste boa semente no teu campo? Onde tem, pois, o joio? Respondeu-lhes: - Isto fez um inimigo. Perguntaram-lhe os servos: - Queres que vamos colhe-lo? Tornou ele: - Não, para não suceder que, tirando o joio, com ele arranqueis também o trigo. Deixai crescer um e outro até a ceifa. E no tempo da ceifa direi aos segadores: - Colhei primeiro o joio, e atai-o em feixes para queimar; mas o trigo recolhei-o no meu celeiro”.

(S. Mateus, 13:24-30)

Introdução

As ervas daninhas são caracterizadas, ecologicamente, como espécies pioneiras da sucessão natural da vegetação.

A expressão “erva daninha”, embora seja de uso universal (“mala hierba” ou “maleza” em espanhol, “malerba” em italiano, “mauvaise herbe” em francês), constitui-se num termo incorreto, utilizado pelos antigos agricultores que a terminologia científica não deveria manter. As ervas Daninhas são plantas que interferem com as atividades humanas, mas não se restringem apenas às espécies herbáceas, elas incluem desde algas até subarbustos, arbustos e mesmo árvores, isto é, qualquer vegetal que seja indesejável ao homem.

As expressões mais corretas, portanto, e que deveriam ser usadas são plantas daninhas, mato ou malervas. “A designação “mato” provém de “matu” que em latim quer dizer” vegetação agreste”. Desta forma, esta ciência poderia ser designada por “matologia” quando estuda tal vegetação (logos=estudo, do grego) ou “matonomia” quando aplica medidas de controle (nomos=controle, do grego). O termo “malerba” também conceitua a indesejabilidade destas plantas, sendo aplicada a designação “malerbologia” ao estudo desta vegetação.

Outros termos que também são utilizados:

- plantas invasoras, denominação que designa o mato constatado pela primeira vez uma área;
- plantas infestantes, empregado quando o mato está estabelecido, pois seus disseminulos já se encontram no solo daquele local. Desta forma, uma planta invasora torna-se, após a primeira geração, em planta infestante.

Definições

Botanicamente não existe planta daninha ou planta útil, apenas plantas. As plantas podem ser daninhas no sentido agrônômico, ou ainda; segundo o ponto de vista do agricultor, dependendo das condições de espaço e de tempo em que ocorrem. São, portanto, plantas que interferem com o uso dos recursos da terra e da água, ou que prejudicam a prosperidade humana, ou ainda que interfiram no bem-estar do homem.

Os conceitos atribuídos a estas plantas são os seguintes:

- é uma planta que se desenvolve onde não é desejada;
- é uma planta indesejável;
- é uma planta fora de lugar;
- é uma planta com valor negativo;
- é uma planta que compete com o homem pelo solo;
- é uma planta que causa um desvio de energia da direção desejada pelo homem;
- é uma planta cujas virtudes ainda não foram descobertas;

Ao serem analisados os conceitos apresentados, pode-se constatar que estes estão baseados na indesejabilidade destas plantas ao homem, pois elas se desenvolvem onde desejamos outra ou nenhuma espécie. Conseqüentemente, qualquer espécie vegetal pode tornar-se daninha. Em verdade, muitas das espécies que atualmente são consideradas daninhas, podem ter sido utilizadas no passado como alimento ou fibra pelos habitantes primitivos, assim como muitas espécies daninhas atuais poderão ser exploradas economicamente no futuro.

Atualmente são conhecidas cerca de 300.000 espécies de plantas, das quais 3.000 espécies apresentam algum histórico de uso alimentício; dentre estas, 300 espécies apresentam amplo cultivo como alimento e, tão somente 12 espécies cultivadas fornecem cerca de 95% dos alimentos que são produzidos. Desta forma, existe uma fonte inexplorada de plantas que podem contribuir para alimentação no futuro. Segundo

levantamentos realizados ao nível mundial, sabe-se que menos de 1.000 espécies de plantas são significativamente daninhas em si.

Por outro lado, o controle de plantas daninhas faz parte do problema global de manejo da vegetação, devendo ser considerado em relação à ecologia. Portanto, este manejo da vegetação deveria considerar a supressão daquela considerada indesejável, favorecendo aquela considerada benéfica.

Controle de plantas daninhas é definido como o processo de limitar as infestações de plantas indesejáveis ou de eliminá-las por razões econômicas, estéticas, de saúde pública, etc. Também é considerado como o processo de limitar as infestações de plantas daninhas de modo que as culturas possam se desenvolver com proveito ou que outras operações possam ser conduzidas com eficiência. Uma terceira definição estabelece como controle de plantas daninhas a redução de uma população simples ou complexa, numa área definida, para um nível aceitável, durante um período pré-determinado.

Supressão de plantas daninhas é o processo de prevenir ou de retardar o crescimento das plantas daninhas.

Prevenção de plantas daninhas é o processo que objetiva evitar a infestação e a reinfestação de áreas em que as plantas daninhas sejam economicamente indesejáveis.

Erradicação de plantas daninhas é a eliminação de todas as partes vivas das plantas e das sementes viáveis de uma espécie daninha em uma área. Neste processo incluem-se tanto a eliminação da população ativa (plantas estabelecidas) quanto da população passiva (propágulos vegetativos e sementes contidas no solo).

Origem

Durante a agricultura primitiva, o homem teria estabelecido quatro categorias de plantas: combatidas, toleradas, favorecidas e cultivadas. Neste processo, as plantas não-alimentícias (produtora de substâncias tóxicas, estimulantes e de tinturas) foram aquelas domesticadas inicialmente.

Dois centros de origem são referidos: um africano (que teria originado principalmente espécies produtoras de grãos alimentícios, não-ornamentais) e outro indonésio (onde teriam tido origem espécies produtoras de órgãos alimentícios subterrâneos e espécies ornamentais). De outro modo, existem duas teorias: a da hidrosere que sustenta a origem das plantas no meio líquido e a da xerosere que defende a origem vegetal em terra firme. Na verdade, as plantas daninhas apareceram conjuntamente com as atividades do homem quando as classificou como úteis e indesejáveis, sendo ele, em última análise, o responsável pela evolução destes dois grupos de plantas.

Também, quanto à origem, as plantas daninhas são divididas em espécies silvestres há muito adaptadas a áreas de perturbação natural do ambiente e em novas espécies ou variedades que evoluíram conjuntamente com o desenvolvimento da agricultura. Deste modo, conforme o local de ocorrência, elas podem ser classificadas em:

- espécies obrigatórias, que são aquelas que nunca foram encontradas em estado silvestre, desenvolvendo-se somente em associação com o homem. Azevém (Lolium multiflorum) e nabiça (Raphanus raphanistrum);

- espécies facultativas, que são aquelas que se desenvolvem em ambos os ambientes, silvestre (em habitats primários) e em associação ao homem (em habitats cultivados). Exemplos: Vicia spp, e alho silvestre (Allium vineale).

Outra classificação, conforme a origem divide plantas daninhas em **apófitas** e **antropófitas**. As primeiras englobam as espécies nativas ou indígenas que pertencem à flora da região; as segundas incluem as exóticas, introduzidas ou naturalizadas. Tagetes minuta (rabo-de-rojão) é uma espécie apófita natural do sudeste do Brasil, Eleusine indica (capim pé-de-galinha) é um exemplo de espécie antropófita, pois é de origem

asiática. Tanto plantas daninhas nativas quanto as introduzidas, em geral ocorrem em locais explorados pelo homem, constituindo-se em espécies chamadas **parantropófitas**.

Comunidades

O homem, através das atividades agrícolas, tenta desenvolver monoculturas; porém, estas acabam numa comunidade de espécies, composta pela cultura e por plantas daninhas. Isto se deve ao fato de que nenhuma espécie vegetal, isoladamente, consegue explorar completamente os recursos do ambiente, representados principalmente por água, nutrientes e radiação solar.

Alguns fatores, ligados às práticas agrícolas, favorecem a invasão das áreas cultivadas pelas plantas daninhas:

- cultivos em fileiras, deixando brechas disponíveis para a colonização de outras espécies;
- sistema de cultivo em monoculturas, em que uma única espécie falha em explorar totalmente os recursos disponíveis no ambiente;
- uso de cultivares modernas, de porte baixo, e que não possuem a habilidade competitiva encontrada nos ancestrais primitivos.

As comunidades de plantas daninhas são constituídas pelas populações ativa e passiva, a primeira representada pelas plantas em crescimento e a segunda, formada pelas sementes e propágulos vegetativos que se encontram em estados de dormência no solo.

A população passiva é a mais numerosa. Dependendo das condições do ambiente, ao longo do tempo as partes ativa e passiva da população daninha encontram-se em constante flutuação, isto é, as populações de ervas apresentam-se dinâmicas. Basicamente, o controle de ervas nada mais é do que manipulação da dinâmica de suas populações. As medidas de controle a curto prazo objetivam manejar a parte ativa da população, enquanto as práticas de controle adotadas a longo prazo visam a redução da população passiva, sendo esta de mais difícil obtenção.

Desta forma, os métodos mecânico e químico de controle são aplicáveis apenas a áreas restritas e atingem somente a parte ativa da população de ervas. Já os métodos cultural e biológico de controle conseguem atingir áreas mais extensas e também conseguem diminuir a população passiva de ervas num prazo mais longo de tempo. Quanto maior a área que puder ser englobada num programa de controle, mais efetiva será a supressão das ervas a longo prazo.

Numa comunidade de plantas daninhas, quando uma única espécie é dominante, ela é considerada como a “erva-chave” do programa de controle. No entanto, uma espécie potencial pode passar a dominante. Isto se dá quando há introdução de novas culturas, quando há remoção das ervas mais competitivas ou quando há alteração do agrossistema (extensão do cultivo de pastagens melhoradas ou de culturas em áreas onde previamente havia plantas lenhosas ou pastagens nativas). Alterações no sistema de uso da terra e avanços na tecnologia das práticas agrícolas também podem transformar uma espécie dominante em erva dominada.

Danos e prejuízos

Uma vez que plantas daninhas englobam desde algas até árvores, os danos e prejuízos que elas podem ocasionar são os mais diversos e ocorrem em múltiplas atividades, em áreas agrícolas cultivadas ou não. Elas afetam a todos os agricultores, independente do tamanho de sua propriedade, quer seja minifúndio ou latifúndio. No entanto, o dano mais significativo é o ocasionado às colheitas que tem seu valor de perdas estimado entre 15 e 20% nas regiões temperadas e entre 25 e 30% nas regiões tropicais. Destes valores, estima-se que 50% representam custos com as medidas de controle adotados e 50% representam perdas quantitativas e qualitativas dos produtos colhidos. Em determinadas situações, onde a infestação ou competição de plantas

daninhas é elevada e medidas de controle não são adotadas, o rendimento das culturas pode ser totalmente comprometido.

A quantidade de dano econômico vai depender de diversas variáveis, que são dinâmicas:

- população de plantas daninhas;
- sensibilidade da cultura, especialmente em relação ao estágio particular do ciclo que será afetado;
- quantidade de dano que a população de ervas poderá causar;
- efeito econômico do nível de dano.

O nível aceitável de controle deve reduzir a população daninha abaixo do nível de dano econômico (que é a menor população que causará dano econômico). Assim, quanto menor for o nível de dano econômico, maior será o prejuízo causado pela população de ervas.

Outro parâmetro a considerar é o nível de vantagem ou benefício econômico, estimado pela população na qual o controle de ervas se torna economicamente justificado. Este nível inclusive pode estar bem abaixo do nível de dano econômico.

A seguir estão relacionados os mais diversos prejuízos e interferências causados por tais espécies às atividades humanas:

1. Redução quantitativa da produção das culturas, pastagens, carne, leite e lã. Interferem com espécies cultivadas, competindo por luz, água, nutriente e eliminando substâncias tóxicas.

2. Tornam o uso da terra menos eficiente.

3. Depreciam o valor da terra; área infestada com plantas daninhas tem seu preço reduzido.

4. Limitam a escolha de culturas, forçando a rotação cultural com espécies de menor valor comercial.

5. Causam encarecimento das práticas agrícolas (preparo do solo, capina tratamento fitossanitário, colheita, limpeza de grãos).

6. Ocasionalmente problemas com a maquinaria agrícola, produzindo maior desgaste das peças; também aumentam a energia que as máquinas devem desenvolver e dificultam o beneficiamento dos produtos.

7. Capinas e outras operações de cultivo repetidas destroem a estrutura do solo.

8. Das capinas resultam danos às raízes e partes aéreas das plantas cultivadas.

9. Causam problemas iniciais ao florestamento e a fruticultura, levando à menor taxa de crescimento das mudas e reduzindo a população de plantas.

10. Favorecem pragas e moléstias das plantas cultivadas por hospedarem os agentes responsáveis (bactérias, fungos, vírus, insetos, nematóides, roedores).

11. Favorecem pragas e moléstias de animais, podendo causar mortes.

12. Plantas tóxicas causam prejuízos aos animais, provocando abortos, envenenamentos e mortes.

13. Pode causar prejuízos ao homem, provocando alergias devido ao pólen liberado por certas espécies (“febre do Feno”), dermatites alérgicas, envenenamento e favorecendo doenças como a malária.

14. Ocasionalmente depreciação qualitativa dos produtos vegetais, promovendo transmissão de cheiro e sabor especiais. Sementes tóxicas podem conferir gosto e cheiro estranhos às farinhas, além de propriedades perigosas para a saúde humana. Ainda, retardam o secamento dos produtos agrícolas (fenos, em especiais) e determinam alteração nos grãos transportados ou armazenados. Os preços dos produtos contaminados são menores ou podem nem ser comercializados.

15. Causam depreciação na produção animal, determinando menor capacidade de pastoreio e diminuição da taxa de crescimento. Também podem diminuir a qualidade do couro e da lã (espécies com frutos espinhosos), dificultar a tosquia de ovinos e transmitir cheiro ou gosto desagradável ao leite.

16. Interferem com o manejo da água; requerem a limpeza de canais de distribuição e drenagem; provocam gosto e odor indesejável em suprimentos públicos

de água; reduzem a produção e disponibilidade de peixes; afetam a navegação em águas internas e em portos, exigindo até a limpeza dos cascos das embarcações; afetam a recreação aquática e a pesca.

17. Diversas áreas não-cultivadas devem ser mantidas limpas: estradas-de-rodagem e estradas-de ferro, caminhos e passeios, parques e jardins, áreas recreativas e esportivas, linhas de transmissão e dutos, áreas industriais e depósitos, aeroportos e estacionamentos.

18. Gastos e encargos dispendidos pelos governos, aumentam, requerendo pesquisas sobre plantas daninhas e seu controle, inspeção de sementes e mudas, instalação de laboratórios de análise de sementes, aplicação de legislação sobre plantas daninhas e sobre o ambiente e adoção de programas especiais de extirpação e de erradicação de espécies de grande nocividade.

Benefícios e utilidades

Embora relacionados uma multiplicidade de aspectos negativos ocasionados pela presença de plantas daninhas, nos aspectos botânicos e ecológicos elas apresentam valor positivo através de várias utilidades e benefícios tanto do ponto de vista de atividades humanas quanto e, principalmente, da natureza. Os principais são os seguintes:

1. Constituem fonte potencial de plantas úteis.
2. Representam um depósito de germoplasma para programas de melhoramento genético.
3. Muitas espécies apresentam valor apícola.
4. Produzem drogas de utilização medicinal.
5. Reduzem a erosão do solo sobre terras abandonadas e mesmo em áreas agrícolas.
6. Preservam a estrutura do solo.
7. Adicionam matéria orgânica ao solo.
8. Podem auxiliar na redução das perdas de água do solo.
9. Impedem perdas de adubos no solo (por escorrimento, lixiviação ou volatilização).
10. Fornecem alimento e cobertura para animais silvestres e de caça.
11. Espécies aquáticas podem extrair metais pesados e outros elementos poluentes de águas, tornando-as aproveitáveis.
12. De um modo geral, embelezam a paisagem.

História do controle

Há mais de 10.000 anos, o homem iniciou o processo de domesticação das plantas quando, simultaneamente, passou a favorecer determinadas espécies e a combater outras. Os métodos de controle utilizados passaram por diversos estágios progressivos:

- arrancamento manual das plantas indesejáveis;
- arrancamento por meio de varas aguçadas;
- corte das plantas com facas metálicas;
- corte através de enxadas metálicas;
- capina mecânica com enxada de tração animal;
- capina mecânica com cultivador tracionado por trator;
- controle químico por meio de herbicidas;

Desde o início da agricultura em épocas primitivas até aproximadamente metade do século XX, os meios de controle de ervas foram, basicamente, a enxada e o arado. A partir da metade deste século houve um progresso substancial nos métodos de controle com a descoberta e utilização dos herbicidas orgânicos. Este fato trouxe também um grande estímulo à pesquisa e à aplicação da moderna tecnologia para o controle.

No entanto, desde os primórdios da agricultura até os tempos atuais, nenhum método de controle foi abandonado, apenas novos métodos foram incorporados aos já existentes. Além da utilidade que os herbicidas apresentam, existe a necessidade de integração dos métodos tradicionais de controle. Conseqüentemente, os métodos antigos não estão em vias de desaparecer, já que eles devem ser empregados em conjunto com o químico para ser atingido em controle mais eficiente e duradouro, a curtos e longos prazos.

O desenvolvimento da moderna maquinaria para controle físico e dos herbicidas para controle químico das ervas não aumentaram o potencial de produtividade das culturas por unidade de área. O que eles fizeram foi aumentar a eficiência e o rendimento por hora-homem investindo na produção de alimentos, liberando cada vez mais pessoas que trabalhavam no combate às daninhas em tarefas diferentes, consideradas de maior valor social. Nos países subdesenvolvidos, a maioria da população tem despendido mais tempo em combater ervas daninha do que em qualquer outra atividade relacionada à condução das culturas. Por isso é que a agricultura tem sido definida como “a luta contra as plantas daninhas”.

Em realidade, comparando a história do desenvolvimento do controle de plantas daninhas com áreas afins, como controle de pragas e de moléstias, pode-se constatar que houve um grande atraso no reconhecimento da importância daquela área. Este fato foi devido principalmente aos seguintes aspectos:

- a ocorrência universal constante das ervas, que era vista como um mal inevitável, sobre o qual pouco poderia ser feito;
- a natureza epidêmica da ocorrência de pragas e moléstias, que impressionava e preocupava muito mais aos agricultores e técnicos;
- a competição entre plantas daninhas e cultivadas pelos recursos do meio (exceto para espécies parasitas) que tornava o dano visualmente pouco expressivo por ser indireto, ao contrário dos danos de pragas e moléstias que atacam diretamente as culturas.

Contudo, nas últimas décadas, o problema de plantas daninhas foi identificado em toda sua magnitude e as perdas reais que ocasiona à agricultura foram quantificadas. Assim, atualmente, elas são reconhecidas como a principal causa responsável pela redução do valor da produção agrícola dentre as diversas fontes de danos que podem reduzir ou encarecer a produção de alimentos.

BIOLOGIA E ECOFISIOLOGIA

Classificação das plantas daninhas

Considerando que as espécies incluídas como daninhas são indesejáveis apenas em termos de atitude humana, do ponto de vista botânico elas seguem a mesma classificação das plantas consideradas úteis, não existindo características morfológicas, anatômicas ou estruturais que diferenciem os dois grupos.

Deste modo, dentro das plantas superiores que apresentam flores e sementes (**spermatohyta**), existe a divisão **Gymnospermae**, cujas plantas apresentam sementes nuas, e a divisão **Angiospermae**, cujas sementes estão encerradas em frutos, e que engloba as principais espécies consideradas daninhas.

A divisão **Angiospermae**, por sua vez, se subdivide em duas classes: **Monocotyledoneae** e **Dicotyledoneae**, a última contendo as subclasses **Archichlamydeae** ou **choripetalidae** (em que as pétalas florais são independentes; comporta 37 ordens) e **Metachlamydeae** ou **Sympetalae** (Apresenta união das pétalas florais; contém 11 ordens).

“Em termos práticos, as ervas pertencentes à classe das monocotiledôneas, como gramíneas e ciperáceas, são comumente denominadas ervas de “folhas estreitas”, quanto aquelas classificadas como dicotiledôneas costumam ser designadas por” ervas de folhas largas”, classificação bastante empírica. As famílias botânicas que contribuem com os maiores números de espécies ditas daninhas são as das gramíneas e das

compostas. Outras classificações utilizadas baseiam-se em critérios ecológicos. Assim, uma primeira divisão agrupa estas plantas em terrestres e aquáticas, conforme o meio ou habitat em que vivem .

Plantas de hábito terrestre

As espécies ditas terrestres, conforme o local onde ocorrem, podem ser classificadas em:

- agrófilas ou arvenses; são as que ocorrem infestando as áreas agrícolas, especialmente as cultivadas
- nomofilas; são as que ocorrem em pastagem;
- viárias; são as que ocorrem junto a estradas e caminhos;
- ruderais ou cledófilas; são aquelas que surgem em áreas abandonadas pelo homem.

Em relação à duração do ciclo de vida, as plantas daninhas (incluindo as aquáticas) são classificadas em:

- monocárpicas ou hapaxantas: incluem aquelas espécies que florescem e frutificam apenas uma vez ao final do ciclo; podem ser anuais, bienais e plurianuais ou efêmeras;
- policárpicas ou polacantas: englobam as espécies perenes que vivem de poucos e muitos anos, florescendo e frutificando anualmente.

Dentre as espécies monocárpicas, efêmeras são aquelas que apresentam um ciclo biológico muito curto, de algumas semanas apenas, podendo, desta maneira, formar duas ou três gerações numa mesma estação de crescimento. Já as espécies anuais são aquelas que completam o ciclo em menos de 1 ano; variando, em geral, de alguns meses até as que necessitam 6 a 9 meses para encerrar o ciclo.

As espécies anuais, por sua vez, podem ser divididas em ervas de verão ou de estação quente e em ervas de inverno ou de estação fria, conforme a época do ano em que vegetam. As anuais de verão costumam germinar na primavera, crescer e desenvolver durante o verão, morrendo no outono, persistindo durante o inverno em forma de sementes em dormência no solo até a primavera seguinte. Por outro lado, as anuais de inverno geralmente germinam no outono, vegetando durante o inverno, sendo que o florescimento e frutificação ocorrem na primavera; durante o verão permanecem como sementes dormentes no solo.

Plantas bienais são aquelas cujo ciclo é superior a 1 ano e inferior a 2 anos, geralmente completando o ciclo em 18 meses após a germinação. Costumam ser impropriamente designadas como bianuais. Poucas espécies pertencem a este grupo e estas ocorrem normalmente em áreas temperadas. São espécies que necessitam atravessar uma estação fria que seja induzida o seu florescimento. Em geral se caracterizam por um crescimento vegetativo em forma de roseta na primeira fase do desenvolvimento, emitindo, após o primeiro ano, uma inflorescência disposta no ápice de um longo pedúnculo floral.

Plantas perenes ou policárpicas são aquelas cujo ciclo é superior a 2 anos, florescendo e frutificando anualmente por diversos anos, podendo, inclusive algumas espécies viver quase indefinidamente. Elas podem ser denominadas de perenes simples quando se reproduzem naturalmente apenas por sementes; podem, no entanto, originar novos indivíduos quando cortadas em pedaços de forma artificial. São exemplos: Rumex, Plantago, Taraxacum, etc. Já as espécies perenes que apresentam tanto reprodução por sementes quanto propagação vegetativa, podem ser subdividida em rasteiras e em bulbosas. As rasteiras são aquelas que apresentam estolões (caule que se desenvolve acima da superfície do solo) e rizomas (caule rasteiros subterrâneos), como Cunodon dactylon, por exemplo. As perenes bulbosas são espécies que apresentam propágulos vegetativos em forma de bulbos, bulbilhos e tubérculos, como ocorre em Allium vineale e Cyperus rotundus.

Em relação ao hábito vegetativo, as ervas podem se dividir em:

- herbáceas: são aquelas de porte baixo, incluindo a maioria das espécies de ciclo anual e bienal e mesmo espécies perenes;
- abusivas: apresentam porte baixo e ramificação desde a base; incluem espécies perenes;
- arbóreas: seu porte é alto e a ramificação ocorre bem acima da base; são plantas perenes;
- trepadeiras: são aquelas que sobem numa planta-suporte, podendo ser herbáceas ou lenhosas; quando sobem por meio de gavinhas são ditas cirríferas e quando sobem enrolando-se no suporte são designadas de volúveis;
- hemiepífitas: são aquelas que na primeira fase do ciclo vivem sobre outras plantas, mas que, posteriormente, lançam suas raízes até o solo, tornando-se autônomas (exemplo: figueira estranguladora ou mata-pau);
- epífitas: vivem durante todo o ciclo sobre outras plantas; porém, não são parasitas (exemplos: musgos, líquens, samambaias, bromeliáceas – como orquídeas);
- parasitas: vivem às expensas de outras plantas; podem conter clorofila e realizar fotossíntese como erva-de-passarinho, sendo neste caso denominadas de hemiparasitas, ou não conter clorofila, sendo totalmente parasitas como Cuscuta, então designadas de holoparasitas. Algumas plantas parasitas vivem fixadas sobre os sistemas radiculares das plantas hospedeiras, como ocorre com Striga e Orobanche.

Plantas de hábito aquático

Uma das maneiras de classificar estas plantas é a seguinte:

- emersas ou emergentes: são aquelas enraizadas ou ancoradas no solo e adaptadas a crescer com a maioria de seu tecido vegetativo (caule e folhas) acima da superfície da água, não se baixando ou elevando com o nível da água. Exemplos: Sagittaria, Cyperus, Eleocharis, Polygonum, Typha;
- flutuantes: são plantas de flutuação livre ou ancorada, adaptadas a crescer com a maioria do seu tecido vegetativo acima ou à superfície da água e baixando ou elevando-se com o nível da água.
Exemplos: Eichornia, Azolla, Salvinia;
- submersas: plantas aquáticas que crescem com todo ou com a maioria de seu tecido vegetativo abaixo da superfície da água.
Exemplos: Chara, Elodea, Najas. Estas plantas podem ser ancoradas ou não-ancoradas.
- marginais: são espécies que vivem enraizadas no solo das margens das massas d'água, com caule geralmente flutuante ou submerso. Exemplos: Brachiaria, Juncus, Heteranthera.

Outras classificações

Quanto à dinâmica das populações de plantas daninhas, em geral estas são classificadas nas seguintes situações: reais dominantes – potenciais.

Também em relação a fatores ambientes, as plantas daninhas podem apresentar algumas divisões. Assim, em relação à radiação solar, podem ser heliófilas (plantas adaptadas à plena radiação) e ciófilas ou umbrófilas (quando estão adaptadas à sombra). Com relação à influência da luz sobre a germinação das sementes há plantas fotoblásticas positivas, negativas e neutras.

De acordo com a reação do solo (ph), existem plantas acidófilas ou calcífugas, quando adaptadas a crescer em solos ácidos, e espécies basófilas ou calcífilas, as quais vegetam predominantemente em solos alcalinos ou próximos da neutralidade.

Plantas halófilas são aquelas adaptadas a crescer em solos salinos, como ocorre com algumas poliganáceas e compostas que podem prosperar em solos contendo de 1,2 a 1,5% de cloreto de sódio.

Com relação à umidade, as plantas podem estar adaptadas a crescer em solos secos, sendo denominadas de xerófitas, enquanto outras estão adaptadas a solos úmidos ou encharcados e são designadas de hidrófitas; já o grupo intermediário compõe a classe das mesófitas.

Ecologia das plantas daninhas

A ecologia estuda as relações recíprocas entre os organismos e o seu ambiente. O ambiente agrícola apresenta uma comunidade de plantas cultivadas em associação com plantas daninhas. As práticas do homem nas áreas agrícolas são dirigidas no sentido de manter o cultivo como uma monocultura, livre de ervas. No entanto, monoculturas não utilizam toda umidade, luz e nutrientes que estão disponíveis, deixando “brexas” que necessitam ser constantemente protegidos contra a invasão e a competição de ervas daninhas.

A produção de cultivos é conduzida em ambientes abertos ou perturbados. Desta forma, devem ser levados em consideração aspectos da ecologia das plantas daninhas, as quais apresentam mecanismo adaptativos que as capacitam a sobreviver sob condições de máxima perturbação do solo.

Fatores climáticos, edáficos e bióticos caracterizam um ambiente, determinando a ocorrência, abundância, variação e de sementes em dormência no solo até a primavera seguinte. Por outro lado, as anuais de inverno geralmente germinam no outono, vegetando durante o inverno, sendo que o florescimento e frutificação ocorrem na primavera; durante o verão permanecem como sementes dormentes no solo.

Plantas bienais são aquelas cujo ciclo é superior a 1 ano e inferior a 2 anos, geralmente completando o ciclo em 18 meses após a germinação. Costumam ser impropriamente designadas como bianuais. Poucas espécies pertencem a este grupo e estas ocorrem normalmente em áreas temperadas. São espécies que necessitam atravessar uma estação fria para que seja induzido o seu florescimento. Em geral se caracterizam por um crescimento vegetativo em forma de roseta na primeira fase do desenvolvimento, emitido, após o primeiro ano, uma inflorescência disposta no ápice de um longo pedúnculo floral.

Plantas perenes ou policarpicas são aquelas cujo ciclo é superior a 2 anos, florescendo e frutificando anualmente por diversos anos, podendo, inclusive algumas espécies viver quase indefinidamente. Elas podem ser denominadas de perenes simples quando se reproduzem naturalmente apenas por sementes; podem, no entanto, originar novas indivíduos quando cortadas em pedaços de forma artificial. São Exemplos: Rumex, Plantago, Taraxacum, etc. Já as espécies perenes que apresentam tanto reprodução por sementes quanto propagação vegetativa, podem ser subdividida em rasteiras e em bulbosas. As rasteiras são aquelas que apresentam estolões (caules que se desenvolvem acima da superfície do solo) e rizomas(caules rasteiros subterrâneos), como Cynodon dactylon, por exemplo. As perenes bulbosas são espécies que apresentam propágulos vegetativos em forma de bulbos, bulbilhos e tubérculos, como ocorre em Allium vineale e Cyperus rotundus.

Em relação ao hábito vegetativo, as ervas podem se dividir em:

- herbáceas: são aquelas de porte baixo, incluindo a maioria das espécies de ciclo anual e bienal e mesmo espécies perenes;
- arbustivas: apresentam porte baixo e ramificação desde a base; incluem espécies perenes;
- arbóreas: seu porte é alto e a ramificação ocorre bem acima da base; são plantas perenes;
- trepadeiras: são aquelas que sobem numa planta-suporte podendo ser herbáceas ou lenhosas; quando sobem por meio de gavinhas são ditas cirríferas e quando sobem enrolando-se no suporte são designadas de volúveis;

- hemiepífitas: são aquelas que na primeira fase do ciclo vivem sobre outras plantas, mas que, posteriormente, lançam suas raízes até o solo, tornando-se autônomas (exemplo: figueira-estranguladora ou mata-pau);
- epífitas: vivem durante todo o ciclo sobre outras plantas; porém, não são parasitas (exemplos: musgos, líquens, samambaias, bromeliáceas – como orquídeas);
- parasitas: vivem a expensas de outras plantas; podem conter clorofila e realizar fotossíntese como erva-de-passarinho, sendo neste caso denominadas de hemiparasitas, ou não conter clorofila, sendo totalmente parasitas como *Cuscuta*, então designadas de holoparasitas. Algumas plantas parasitas vivem fixadas sobre os sistemas radiculares das plantas hospedeiras, como ocorre com *Striga* e *Orobancha*.

Plantas de hábito aquático

Uma das maneiras de classificar estas plantas é a seguinte:

- emersas ou emergentes: são enraizadas ou ancoradas no solo e adaptadas a crescer com a maioria de seu tecido vegetativo (caule e folhas) acima da superfície da água, não se baixando ou elevando com o nível da água. Exemplos: Sagittaria, Cyperus, Eleocharis, Polygonum, Typha;
- flutuantes: são plantas de flutuação livre ou ancorada, adaptadas a crescer com a maioria do seu tecido vegetativo acima ou à superfície da água e abaixando ou elevando-se com o nível da água. Exemplos: Eichornia, Azolla, Salvinia;
- submersas: plantas aquáticas que crescem com todo ou com a maioria de seu tecido vegetativo abaixo da superfície da água. Exemplos: Chara, Elodea, Najas. Estas plantas podem ser ancoradas ou não-ancoradas.
- marginais: são espécies que vivem enraizadas no solo das margens das massas d'água, com caules geralmente flutuantes ou submersos. Exemplos: Brachiaria, Juncus, Heteranthera.

Outras Classificações

Quanto à dinâmica das populações de plantas daninhas, em geral estas são classificadas nas seguintes situações: reais - dominantes – potenciais.

Também em relação a fatores ambientais, as plantas daninhas podem apresentar algumas divisões. Assim, em relação à radiação solar, podem ser heliófilas (plantas adaptadas à plena radiação) e ciófilas ou umbrófilas (quando estão adaptadas à sombra). Com relação à influência da luz sobre a germinação das sementes há plantas fotoblásticas positivas, negativas e neutras.

De acordo com a reação do solo (pH), existem plantas acidófilas ou calcífugas, quando adaptadas a crescer em solos ácidos, e espécies basófilas ou calcífilas, as quais vegetam predominantemente em solos alcalinos ou próximos da neutralidade.

Plantas halófilas são aquelas adaptadas a crescer em solos salinos, como ocorre com algumas poligonáceas e compostas que podem prosperar em solos contendo de 1,2 a 1,5% de cloreto de sódio.

Com relação à umidade, as plantas podem estar adaptadas a crescer em solos secos, sendo denominadas de xerófitas, enquanto outras estão adaptadas a solos úmidos ou encharcados e são designadas de hidrófitas; Já o grupo intermediário compõe a classe das mesófitas.

Ecologia das plantas daninhas

A ecologia estuda as relações recíprocas entre os organismos e o seu ambiente. O ambiente agrícola apresenta uma comunidade de plantas cultivadas em associação com plantas daninhas. As práticas do homem nas áreas agrícolas são dirigidas no

sentido de manter o cultivo como uma monocultura, livre de ervas. No entanto, monoculturas não utilizam toda umidade, luz e nutrientes que estão disponíveis, deixando “brechas” que necessitam ser constantemente protegidos contra a invasão e a competição de ervas daninhas.

A produção de cultivos é conduzida em ambientes abertos ou perturbados. Desta forma, devem ser levados em consideração aspectos da ecologia das plantas daninhas, as quais apresentam mecanismos adaptativos que as capacitam a sobreviver sob condições de máxima perturbação do solo.

Fatores climáticos, edáficos e bióticos caracterizam um ambiente, determinando a ocorrência, abundância, variação e distribuição das plantas, incluindo as daninhas. A persistência e uma medida do potencial adaptativo de uma espécie daninha que a capacita a crescer em ambientes perturbados pelo homem. Os sistemas de produção, através de suas práticas de manejo, determinam a persistência de espécies daninhas em áreas agrícolas e, desta forma, associações específicas cultura x ervas.

Dentre os fatores climáticos, estão relacionados à persistência das plantas: luz, temperatura, água, vento, umidade.

Intensidade, qualidade e duração da luz determinam efeitos como crescimento, reprodução e distribuição das plantas daninhas. A própria evolução de ecotipos dentro de uma espécie é, basicamente, a resposta parcial ao fotoperíodo. O fotoperíodo governa o florescimento e determinam a época de maturação das sementes, assim como determina, essencialmente, os limites de latitude na distribuição das espécies. A tolerância ao sombreamento é outra adaptação significativa que capacita certas espécies a persistir no ambiente da cultura sem evidência notável de efeitos competitivos sobre esta.

A temperatura, tanto da atmosfera quanto do solo, e suas variações e a duração do período livre de geadas limitam a distribuição das espécies daninhas em latitude. A temperatura do solo relaciona-se com a germinação das sementes e os efeitos de baixas temperaturas do solo induzem à dormência das sementes durante o inverno em zonas temperadas; estes fatores críticos na adaptação e persistência das ervas anuais.

A água pode provir de chuvas, orvalhos, nevoeiros ou queda de granizo, que são fatores ecológicos significativos, constituindo-se em meios naturais de interceptação da água pelo ambiente. Já a irrigação representa a manipulação do ambiente pelo homem.

A quantidade de água no ambiente pode variar de essencialmente nenhuma (desertos) a essencialmente infinita (ambiente aquático). A água total disponível representa o suprimento original menos as perdas que ocorrem por percolação, escoamento, evaporação e transpiração.

Quanto ao vento, sua frequência, velocidade e direção podem restringir ou delimitar a ocorrência e persistência das plantas. Ele pode exercer efeitos físicos diretos e indiretos sobre a umidade e a temperatura, que são expressos através de modificações da topografia do ambiente (altitude, declive, exposição e superfície). O vento também estabiliza as concentrações de oxigênio e gás carbônico, que são componentes da atmosfera e, por outro lado, modifica as perdas que as plantas sofrem por transpiração. Gás carbônico e oxigênio não são importantes na distribuição das espécies daninhas: contudo, alto CO₂ e baixo O₂ restringem e modificam o crescimento vegetal.

Os principais fatores edáficos são: água do solo, aeração, temperaturas, pH, fertilidade e efeitos do sistema de cultivo sobre o solo e sua estrutura. Enquanto a maioria das espécies está melhor adaptadas a crescer em solos de fertilidade mais elevada, há espécies que crescem e se reproduzem em solos de baixa fertilidade. A relação do solo exerce considerável influência sobre as espécies daninhas, seu crescimento e persistência. Certas espécies (pteridium) estão adaptadas a solos ácidos, com pH entre 4,3 e 5,0: outras se desenvolvem em solos alcalinos. Polygonum aviculare tolera tanto acidez quanto alcalinidade (pH entre 5,6 e 8,4).

Os fatores bióticos são representados pelas plantas e pelos animais, estes constituídos pelos animais de pastejo, insetos, fauna do solo e, sobretudo o homem, sendo que eles afetam o crescimento das ervas e podem influir na sua persistência. No

ambiente agrícola, os maiores efeitos sobre as ervas são exercidos pela cultura, ao competir pelos recursos disponíveis.

Mecanismo de sobrevivência

As plantas daninhas apresentam mecanismos especializados que permitem sua sobrevivência sob condições de freqüente destruição de suas partes aéreas. Estes mecanismos ajudam as ervas a ocupar os espaços disponíveis no ecossistema, mas não representam fator adverso direto dos seus efeitos. As características que interferem na competição com as culturas possuem pouca relação com os mecanismos de sobrevivência das ervas.

É o solo que provê o meio físico onde permanecem operativos e efeitos os mecanismos de sobrevivência. Também é ele o principal fato do ambiente no qual os atos disruptivos do homem para produção dos alimentos. As práticas de preparo do solo e as capinas podem minimizar os efeitos competitivos das infestações de ervas sobre uma cultura, mas estas práticas são essencialmente ineficientes em atuar sobre os mecanismos básicos de sobrevivência destas espécies.

Como princípio básico do controle, as medidas a adotar deveriam ser dirigidas aos mecanismos de sobrevivência das ervas que se encontram no solo. Assim, para as ervas anuais, o objetivo seria prevenir a produção de sementes e esgotar as reservas que se encontram no solo. Para as espécies perenes, além disto, deve-se buscar a destruição dos órgãos vegetativos subterrâneos. Conseqüentemente, em teoria, a aplicação deste princípio atingiria a erradicação das ervas. Na prática, contudo a erradicação não é conseguida e permanece uma operação contínua ligada às práticas da produção de alimentos.

A maioria das técnicas e práticas de controle explora as diferenças biológicas entre a cultura e as ervas e são alcançadas pela manipulação do ambiente que dividem. Portanto, a manutenção da cultura numa posição dominante ou competitivamente superior na associação cultura x erva dependerá da obtenção de respostas diferencial da cultura e da erva a algum fator ambiente que possa ser modificado ou manipulado com resultados previsíveis.

A experiência tem sugerido que perturbações repetidas do solo que são requeridas para produção das culturas anuais em fileiras favorecem a persistência de ervas anuais, enquanto ervas perenes são favorecidas por perturbações mínimas, como no sistema de semeadura direta, e que também são características de pastagens, pomares e outras situações de culturas perenes. Caso forem usados intensivamente herbicidas para controlar ervas anuais, esta prática promove o desenvolvimento de espécies perenes resistentes aos herbicidas em culturas anuais. Já áreas cultivadas que são abandonadas retornam, por sucessão, a comunidade de plantas essencialmente estáveis, em que as invasoras iniciais são espécies anuais, seguidas depois de perenes e, posteriormente, por sub-arbustos e árvores.

Principais mecanismos

Os principais órgãos vegetais que são responsáveis pela sobrevivência das ervas são: adequada reserva de sementes e de propágulos vegetativos como bulbos, rizomas, tubérculos e gemas que permanecem protegidos no solo. As sementes representam o mecanismo primário de sobrevivência das espécies anuais. Já as perenes, além de sementes, em geral possuem mecanismos adicionais (gemas, bulbos, tubérculos), adaptações que favorecem a propagação vegetativa. As características adicionais que promovem tal sobrevivência são: prolífica produção de sementes, meios eficientes de disseminação das sementes, habilidade das sementes e propágulos a resistir fatores e condições adversas do ambiente e dormência das sementes e propágulos que retornam ou permanecem no solo.

Destas, a dormência é a característica isolada mais importante. Geralmente os métodos de controle de plantas daninhas podem ser eficientes em prevenir a produção de sementes e sua disseminação, bem como em destruir plântulas e partes aéreas de perenes. Já as tentativas em modificar a dormência dos propágulos e em promover a germinação das sementes ou brotação dos propágulos não tem alcançado sucesso na prática, quer pelo manejo do ambiente quer por tratamentos químicos.

Reprodução sexual

1. Funções das sementes

A semente é o principal órgão de perpetuação, disseminação e multiplicação das espécies vegetais que se reproduzem sexualmente, sendo vital para aquelas espécies desprovidas de meios vegetativos de propagação. Isto se deve, basicamente, a duas características:

- a) capacidade de distribuir a germinação no espaço (através dos mecanismos de dispersão, tais como espinhos, pêlos, etc);
- b) capacidade de distribuir a germinação no tempo (através dos mecanismos de dormência).

Para a planta, a dormência representa o meio de “encapsular” a vida, garantindo a sobrevivência da espécie. A vida é mantida em estado embrionário desde curtos até longos períodos, dependendo da espécie, reproduzindo indivíduos com as mesmas características dos que lhe deram origem, mesmo após longo período de desaparecimento da planta-mãe.

2. Épocas de floração e frutificação em relação ao ciclo

A maioria das plantas daninhas se reproduz por sementes num determinado estágio do ciclo de vida. As exceções são as que não florescem, tais como Pteridium aquilium, algas e algumas plantas perenes, as quais não formam sementes, como Verônica filiformis.

O período entre a germinação e a formação de sementes depende da espécie e das condições para o desenvolvimento.

2.1. Plantas anuais

Em muitas espécies, a produção de sementes encerra o ciclo vital da planta. As plantas que se enquadram nesta categoria são denominadas plantas anuais, cujo ciclo é de 1 ano ou menos, sendo que algumas destas espécies podem produzir 2 ou 3 gerações por ano e, por isso, são chamados de efêmeras.

2.2. Plantas bienais

Estas plantas normalmente germinam e se desenvolvem durante a primavera e o verão no primeiro ano, formando uma espécie de roseta e um sistema radicular profundo no outono. No inverno (2º ano) acontece uma vernalização, ocorrendo um estímulo para a formação de gemas florais que, na primavera seguinte, mediante utilização das reservas armazenadas, darão origem a um escape floral ou colmo floral. O crescimento deste colmo é sucedido pela floração e formação das sementes, com a conseqüente morte da planta-mãe. Este tipo de planta é comum em pastagens nativas ou outras áreas não-cultivadas.

Uma planta tipicamente anual pode comportar-se como planta bienal e vice-versa, dependendo das condições do meio.

2.3. Plantas perenes

São plantas herbáceas, sub-arbustivas, arbustivas ou lenhosas que podem produzir sementes anualmente por muitos anos depois de atingir a maturidade. Para estas espécies, a época de florescimento é bastante variável. Algumas têm a sua floração dependente do estímulo do comprimento do dia, enquanto outras são indiferentes a este fenômeno. As espécies que florescem na primavera requerem um médio e crescente comprimento do dia para iniciarem o florescimento, enquanto as que florescem no verão necessitam de dias longos. Já as que florescem no outono requerem um comprimento de dia meio e decrescente.

3. Produção de sementes

O êxito na propagação de uma espécie através de sementes depende, fundamentalmente, do número e da viabilidade daquelas produzidas em cada planta-mãe, sempre que estas sementes encontrem condições adequadas para germinar e crescer.

Em geral, as ervas daninhas produzem um número de sementes relativamente grande, sendo que o número médio é bastante variável de uma espécie pra outra. Dentro de cada espécie, é muito variável o número de sementes produzidas em cada planta, pois depende do tamanho desta, das condições de desenvolvimento, dos ataques de insetos ou fungos e, nas espécies de polinização cruzada, do êxito da polinização durante a floração. Uma planta de Avena fátua pode produzir aproximadamente 250 sementes; uma planta de Sisymbrium officinale, pode produzir ao redor de ½ milhão de sementes e uma planta de maranthus albus vários milhões de sementes.

Stevens (1932) estimou que não há uma grande diferença no número de sementes produzidas por plantas daninhas anuais, bienais e perenes. Seus dados se referem a um grande número de espécies e correspondem a números de sementes produzidas por plantas de tamanho médio. Para as espécies por eles estudadas, executando as perenes rasteiras, difíceis de delimitar, o número médio de sementes em 61 espécies perenes foi 16.629, em 19 espécies bienais de 26.600 e em 101 espécies anuais foi de 20.832.

O peso das sementes é uma característica que pode influenciar no número de sementes produzidas por uma planta, sendo que, normalmente, sementes pequenas e leves proporcionam à planta capacidade ou potencial para produção de um maior número de sementes. Avena fátua, que tem um peso médio das sementes em torno de 17,5 mg, produz cerca de 250 sementes por plantas; Chenopodium álbum, com peso médio de 0,65 mg, produz em torno de 28.000 sementes por plantas; Digitaria sanguinalis, com 0,27 mg por sementes, produz cerca de 80.000 sementes por plantas.

População de sementes no solo

A população de sementes de plantas daninhas no solo representa a soma das sementes produzidas na estação, das sementes dormentes de anos anteriores e das sementes disseminadas na área.

Ao se desligarem da planta-mãe, as sementes caem sobre a superfície do solo onde podem germinar ou serem destruídas. A maioria destas sementes encontra seu caminho dentro das camadas superficiais do solo, através de fendas, por ação do cultivo do solo, enterradas por minhocas e por animais maiores, ou ainda por mecanismos especiais próprios como aristas higroscópicas ou pêlos dobrados, encontrados, por exemplo, em plantas de Avena spp. Estas sementes enterradas entram num estado de dormência, sendo que muitas podem permanecer viáveis por longos períodos, formando o chamado “ banco de sementes de plantas daninhas no solo”. O banco de sementes é continuamente reabastecido pela queda de novas sementes, sendo que há também uma

contínua perda de sementes por germinação, deterioração ou morte. As sementes enterradas, por outro lado, podem ser trazidas à superfície por ação de animais cavadores ou pelo próprio cultivo do solo, ocorrendo então condições ambientais favoráveis para estas sementes germinarem, formarem novas plantas e novamente reinfestarem a área ou o solo.

As áreas agrícolas cultivadas podem facilmente conter grandes quantidades de sementes armazenadas abaixo da superfície do solo. Tem sido referido que algumas áreas podem conter mais de 250 milhões de sementes viáveis de plantas daninhas por hectares, sendo que as áreas bastantes infestadas este número pode ultrapassar a 550 milhões. É provável que poucas áreas sejam possuidoras de populações inferiores a 20 milhões de sementes por hectares. Isenta de futuras adições de sementes, a população de sementes no solo diminui anualmente a uma taxa entre 20 e 50% (em função da espécie, da profundidade e frequência de cultivo, do tipo de solo, etc.). O decréscimo na população pode ser causado por mortes natural das sementes, destruição por organismos do solo ou por germinação.

A quantidade de sementes daninhas e o número de espécies varia com o tipo de solo, dependendo de fatores climáticos, ecológicos, químicos e mecânicos. Geralmente, solos com níveis de fertilidade mais elevados, são capazes de manter maiores populações de sementes viáveis neste meio.

Estudos mostraram que populações de sementes viáveis de espécies daninhas anuais no solo aumentaram mais de 10 vezes após 8 anos de cultivo, em comparação com área não-cultivada.

Disseminação das sementes

As sementes de plantas daninhas são particularmente bem adaptadas para a dispersão, estando completas com embrião, reserva alimentar e camadas externas de proteção, podendo então tolerar altas temperaturas, frio, ressecamento e, freqüentemente, imersão em água por longos períodos. A disseminação depende, principalmente, de estrutura e do peso das sementes e das condições ambientais do local de crescimento da planta-mãe.

Agentes de disseminação:

1. Naturais

Vento (anemocoria) : é o meio natural mais comum de dispersão.

Algumas sementes apresentam estruturas especiais para disseminação, outras são tão diminutas e leves que são facilmente carregadas pelo vento, como, por exemplo, as sementes de dente-de-leão (Taraxacum SSP.)

Água (hidrocória): muitas sementes podem ser arrastadas pela água de correntes e inundações sem que possuam, necessariamente, estruturas especiais. Outras, porém, são disseminadas por possuírem unidades de dispersão flutuantes, como por exemplo, a azeda (rumex).

Animais (zoocoria): os animais são considerados agentes eficientes de disseminação das ervas daninhas a curta e média distâncias. Eles podem carregar as sementes internamente (zoocoria endozóica), através da passagem pelo trato digestivo, ou externamente (zoocoria epizóica), quando as sementes se aderem aos pêlos, lã, penas, patas ou ao solo a elas aderido. Uma espécie bastante disseminada pelos animais é o carrapicho (Xanthium spp.).

Deiscência explosiva (bolocoria): este tipo de disseminação ocorre quando o fruto apresenta estrutura capaz de lançar a semente longe da planta-mãe, como, por exemplo, na mamona (Ricius sp.)

Gravidade (borocoria): as sementes simplesmente caem da planta-mãe, permanecendo próximas da mesma. Exemplo: caruru (Amaranthus spp.)

2. Artificiais

Homem (antropocoria): o homem pode transportar sementes quando estas se aderem em sua indumentária, solo aderido ao calçado, etc.

Veículos e equipamentos: as sementes podem ser transportadas por tratores, colheitadeiras, enfardadeiras, grades e arados, dentre outros equipamentos.

Sementes cultivadas: é muito comum o uso de sementes de plantas cultivadas infestadas com disseminulos de plantas daninhas. A utilização de sementes fiscalizadas e/ou certificadas tem diminuído este meio de disseminação.

Da mesma forma, tem ocorrido o transporte de plantas com objetivos de ornamentação que, escapando ao controle, podem disseminar-se nas áreas de cultivo.

Adaptações para disseminação

As sementes de plantas daninhas apresentam diversas adaptações que garantem sua disseminação. A semente disseminada pelo vento tem a sua distribuição facilitada por modificações estruturais de suas sementes e frutos, especialmente nas espécies pertencente à família das compostas. Estas modificações podem ser diversos tipos: bolsas ou sacos, asas, pêlos, plumas, pára-queda.

Os frutos com bolsas ou sacos não são comuns nas ervas daninhas, sendo esta modificação pouco eficaz na disseminação. Já os frutos e sementes dotados de asas são comuns na família Umbelliferae. As sementes pilosas estão cobertas de pêlos sedosos ou de prolongações capilares ou cerdas, sendo comuns na família Asclepiadaceae.

Os frutos com pára-queda são aqueles que apresentam à modificação mais eficaz a disseminação pelo vento. Qualquer semente pequena com uma membrana estendida possui uma grande superfície com relação a sua massa e é arrastada facilmente pelo vento, mesmo por uma leve brisa. Os frutos plumosos possuem uma larga pluma ramificada, sendo comum no gênero Clematis.

Algumas plantas, como Amaranthus graecizans e Salsola Kalli, estão adaptadas a um modo especial para dispersão de suas sementes pelo vento. Trata-se de plantas bastante ramificadas de contorno arredondado que, quando maturam, rompem-se na base; então as plantas inteiras rolam sobre o solo, arrastadas pelo vento, espalhando as sementes à medida que avançam. Em outros casos, a inflorescência madura se rompe e é igualmente arrastada pelo vento, como ocorre, por exemplo, em Panicum capillare.

A água transporta muitas classes de sementes, inclusive quando estas não possuem modificações especiais para este meio de transporte. As sementes podem ser carregadas pela água em escoamento superficial, correntes naturais, nos canais de irrigação e drenagem e nas inundações.

Existem diversas adaptações que favorecem a dispersão das sementes pela água. As ciperáceas possuem fruto com uma envoltura membranosa que contém ar; outros frutos possuem pequena densidade, favorecendo a sua flutuação na água; outros ainda são providos de granulações calosas que são protuberâncias suberosas (corticentas).

Os animais, tanto selvagens quanto domésticos, contribuem para a dispersão das ervas daninhas. Os frutos carnosos, por exemplo, são muito apetecidos pelas aves, o que favorece sua disseminação. Sementes com modificações especializadas como barbas ou aristas, espinhos e ganchos, se aderem ao pêlo ou lã dos animais, sendo posteriormente disseminadas ao longo do caminho percorrido pelo animal. Sementes de bermuda (Cynodon dactylon), por exemplo, alojam-se apenas temporariamente nos pêlos e patas dos animais; Xanthium spp. e Bidens ssp. Possuem modificações em forma de ganchos, Desmodium spp. Possuem pelos que favorecem a disseminação pelos animais.

As plantas que apresentam deiscência explosiva possuem os frutos com estruturas adaptadas à expulsão da semente, como ocorre em Oxalis spp.

Dormência das sementes

1. Introdução

A dormência é um atraso ou retardamento do início do processo da germinação ou, ainda, um estado de suspensão do crescimento e desenvolvimento do vegetal.

Enquanto o homem, através do melhoramento, realiza seleção das plantas cultivadas no sentido de que suas sementes não apresentam dormência, proporcionando uma germinação imediata e uniforme, a dormência das espécies silvestres evoluiu através dos tempos como um mecanismo de sobrevivência da espécie a condições ambientais adversas ao seu desenvolvimento. É uma característica que capacita as sementes das ervas daninhas a persistir e sobreviver por longos e variáveis períodos, apesar dos frequentes distúrbios causados no solo. Ela tem como funções: controlar a época do ano em que as sementes irão germinar e garantir sua viabilidade.

Nas zonas temperadas, a dormência é o mecanismo de sobrevivência que previne a germinação de espécies não resistentes ao frio durante o outono. Portanto, o término da dormência requer exposição continuada das sementes a condições de frio e umidade, que são atributos normais destas zonas temperadas. Nas zonas tropicais, muitas espécies daninhas não apresentam dormência e germinam logo após caírem ao solo.

2. Tipos de dormência

Enquanto as culturas apresentam sementes não dormentes que geralmente mostram germinação previsível e rápida sob ampla faixa de temperatura e umidade do solo, sendo uma adaptação que o homem utiliza para assegurar o sucesso no estabelecimento e crescimento subsequente das plantas cultivadas, as espécies daninhas apresentam sementes dormentes que germinam sob uma estreita faixa de condições ambientais.

Diversos fatores, isolados ou em combinação, são responsáveis pela indução das sementes à dormência. Dependendo do (s) fator (es) que atua (m) sobre a semente, a dormência é classificada em três diferentes tipos: inata, forçada e induzida. Estas três categorias de dormência se diferenciam com base na observação do comportamento das sementes e não nos processos que ocasionam a dormência. As sementes de uma única espécie podem exibir um ou mais tipos de dormência ou todos os três em sucessão durante um período de tempo.

a) Dormência inata: é aquela cujos mecanismos de ação estão contidos na própria semente, estando ligados a fatores genéticos. É uma qualidade inerente da semente que, normalmente, é herdada da planta-mãe. Ela é controlada pelas partes internas da semente ou pelo tegumento, o que é muito comum em sementes de plantas daninhas e em algumas plantas cultivadas. Este tipo de dormência pode ter a duração de apenas poucas semanas, como pode prolongar-se por vários anos. Avena fátua, Avena ludoviciana e Convolvulus arvensis são exemplos de espécies que apresentam dormência inata.

Os fatores responsáveis por este tipo de dormência são:

- embrião imaturo: esta característica pode ser removida com o armazenamento, em condições favoráveis, permitindo um desenvolvimento gradual do embrião, a fim de garantir uma germinação posterior. Exemplo: Polygoum spp. (erva-de-bicho);

- inibidores químicos endógenos: estes compostos podem encontrar-se presente no fruto, como em pepino e tomate, assim como no embrião e no endosperma de inúmeras espécies daninhas e cultivadas. Tais compostos podem estar ligados a fatores ambientais como luz, temperatura e oxigênio, sendo o ácido abscísico e os derivados da cumarina os mais comumente presentes nas sementes:

- resistência mecânica do tegumento: esta característica impede que o embrião se desenvolva, fazendo com que não ocorra o processo da germinação, como é comum em Xanthium ssp. (carrapicho) e em Amaranthus retroflexus (caruru);

- impermeabilidade do tegumento à água e gases: impede que haja penetração da água na semente, bem como evita a troca de gases (principalmente oxigênio), que são fatores diretamente implicados no processo germinativo. Exemplo: *Chenopodium* spp. (erva-de-santa-maria) e algumas gramíneas.

b) Dormência induzida: esta dormência se desenvolve quando uma semente não dormente entra em dormência após exposição a condições ambientais específicas e, usualmente, persiste após a troca destas condições. É uma característica de sementes que, normalmente, germinam logo após seu desligamento da planta-mãe, mas, encontrando condições ambientais desfavoráveis ao seu desenvolvimento; podem tornar-se dormentes e não germinarão por algum tempo, mesmo que as condições ambientais tornem-se favoráveis, sendo então necessárias condições especiais ou tratamento para alcançar a germinação. Este tipo de dormência depende da interação da semente com o ambiente e os fatores responsáveis pela sua indução são, basicamente, os mesmos da dormência forçada.

As dormências dos tipos inatas e induzidas representam dispositivos medidores do tempo, chamados “relógios biológicos”, por serem geralmente interrompidas em determinadas épocas do ano. Existe uma correlação positiva entre o término do estado de dormência e a ocorrência de trocas ambientais, correlação similar é obtida para o início da dormência.

Sementes em dormência inata não germinam quando colocadas no solo, mas são então expostas às forças do clima, do solo e da microflora que promovem sua transição para condições mais vulneráveis de dormência induzida e forçada. As sementes em dormência induzida ou forçada são mais suscetíveis aos efeitos de manipulação e perturbação do solo. Os estímulos que quebram a dormência natural são mais ativos próximos à superfície do solo.

c) Dormência forçada: é um tipo de dormência controlada por um ou mais fatores ambientes, externos à semente, tais como; excesso de CO₂, deficiência de umidade, deficiência de O₂, excesso ou deficiência de luz, alta temperatura do solo, baixa temperatura. Quando as limitações externas forem removidas, as sementes germinarão imediatamente, uma vez que limitações ambientes previnem a germinação. Este tipo de dormência depende, pois, da interação da semente com o ambiente.

A dormência forçada é típica de sementes enterradas profundamente, podendo alcançar, nesta condição, uma duração próxima de um século.

3. Interrupção da dormência

A dormência é interrompida ou eliminada da semente quando todos os fatores responsáveis, externos ou internos, são eliminados, dando condições para que o processo da germinação seja imediatamente desencadeado, produzindo sementes que perdem a dormência de modo mais rápido e uniforme do que aquelas produzidas sob condições de frio e umidade.

Artificialmente, pode-se interromper a dormência das sementes através de tratamentos específicos, visando eliminar as causas que promovem este estado de repouso.

É amplamente conhecido que o tegumento da semente impõe dormência em muitas espécies devido à impermeabilidade à água ou gases (principalmente oxigênio), restrição mecânica ao desenvolvimento do embrião ou à presença de inibidores químicos. A remoção destas limitações pode ser feita através da escarificação do tegumento que pode ser mecânica ou química. Este tratamento atenua todas estas limitações que impedem a germinação.

A escarificação pode ser feita esfregando-se as sementes contra uma superfície abrasiva. Em algumas espécies, a destruição do tegumento pode ser feita por congelamento das sementes ou imergindo-se no nitrogênio líquido, água fervente ou álcool ou, mais comumente, molhando-as em ácido sulfúrico concentrado. Deve-se, no

entanto, ter o cuidado de não injuriar as semente, procurando danificar apenas o tegumento.

A utilização de reguladores de crescimento como citocininas, giberelinas, auxina ou etileno pode ser suficiente na interrupção do estado de dormência das sementes de algumas espécies.

Algumas espécies são chamadas de fotoblásticas positivas, pelo fato de terem a sua germinação dependente da presença da luz e não germinam na sua ausência. Esta é uma característica bastante comum para muitas espécies daninhas. Exposição fotoperiódica ou simples iluminação são eficientes no estímulo à germinação destas espécies.

Existem espécies adaptadas a germinar com breve e outras com prolongada exposição à luz, isto é, com sub- ou superexposição. Sementes de Atriplex rósea, por exemplo, são inibidas por iluminação contínua e estimuladas por breves exposições à luz. A inibição por superexposição à luz previne a germinação das sementes quando as condições na superfície do solo forem desfavoráveis ao crescimento subsequente da espécie, como, por exemplo, quando ocorre rápido secamento ou altas temperaturas do solo sendo, portanto, um mecanismo comum em plantas de deserto. Já a inibição por subexposição previne a germinação das sementes em locais onde ocorra pouca iluminação ou onde já exista uma superpopulação de plantas. É um mecanismo comumente encontrado em plantas aquáticas. A luz, porém, pode não ter nenhum efeito sobre estas mesmas sementes se elas se encontrarem em condições de baixa umidade, pois a luz só é eficiente em sementes embebidas.

A temperatura também pode ser utilizada para a interrupção da dormência. Estes tratamentos são padronizados para espécies diferentes, pois existe entre elas uma variação na sensibilidade da resposta da germinação a diferentes temperaturas. Este tratamento inclui estratificação à baixa ou alta temperatura ou então a utilização de temperaturas alternadas.

Algumas espécies possuem a habilidade de evitar a germinação antes de uma exposição ao frio, apresentando alta capacidade de sobrevivência, pois evitam que suas sementes germinem antes que perigos e riscos ambientais tenham cessado.

A dormência inata das sementes que se encontram no solo pode ser interrompida pela deterioração natural e pelo ataque de microrganismos ao tegumento. Algumas atividades realizadas pelo homem no solo promovem certas condições favoráveis à germinação de sementes dormentes fornecendo-lhes então condições para que o processo germinativo seja desencadeado. Atividades como lavração e gradagem, ao mesmo tempo em que destroem a população ativa das ervas daninhas, fornecem condições para que a população passiva se manifeste através da germinação e, também, sementes que estariam aptas a germinar são colocadas em dormência forçada ou induzida.

Os fatores que favorecem a germinação das sementes e que são proporcionados pelas atividades dos solos são: troca de temperaturas, umidade, aeração, exposição à luz, profundidade das sementes, alternância de umidade e secamento da superfície do solo.

Sementes de Rhus spp. Apresentam uma adaptação altamente específica, germinando após aplicação de fogo, o qual causa uma diminuição da resistência do tegumento à água. Por outro lado, espécies comuns em pastagens têm suas sementes tornadas permeáveis através da destruição microbiana e química do tegumento, quando expelidas, ficam contidas num meio de cultura ideal, ou seja, num ambiente com umidade, temperatura e nutriente adequados.

Sementes de Oryopsis miliacea, uma espécie ajustada para zonas áridas, apresenta sementes dormentes pela ação de inibidor químico. Elas só germinarão quando a quantidade de chuva for suficiente, tanto para lavagem deste inibidor quanto para o seu crescimento subsequente.

Em algumas espécies, existem mecanismos muito especializados, como ocorre em trigonella arábica, uma planta anual de deserto que está equipada com quatro controles independente (inibidor solúvel em água, tegumento resistente, sensibilidade à

luz e temperatura adequada). Consequentemente, sua germinação só poderá ocorrer em resposta à combinação de diversos fatores e estímulos ideias ao seu crescimento posterior.

4. Germinação das sementes

O processo de reprodução das ervas daninhas é influenciado pela viabilidade das sementes, pelas condições que afetam esta viabilidade, pelo período de dormência das sementes e pelos fatores que possam influir na sua germinação.

Viabilidade é a capacidade que a semente possui para germinar e produzir uma plântula capaz de desenvolver-se e converter-se em planta adulta. É bem sabido que na viabilidade de toda classe de sementes influem o vigor do progenitor, as condições que estiveram expostas as sementes durante o seu desenvolvimento, a maturação das sementes, as condições de temperatura e umidade atmosféricas durante o armazenamento e a idade das mesmas.

Germinação é a retomada do desenvolvimento e, no seu sentido mais amplo, inclui o início do crescimento perceptível do embrião, a alongação subterrânea da radícula e a emergência da plântula. Diz-se que uma semente está germinada após a radícula atravessar o tegumento da semente, sendo então um processo irreversível.

5. Condições para germinação

A germinação das sementes é um mecanismo altamente especializado que representa uma extensão da dormência. O término das dormências inata e induzida necessariamente em germinação, pois as sementes podem permanecer em dormência forçada. A germinação apenas resulta se ocorrerem às condições ambientais necessárias para o processo.

As sementes viáveis no solo representam a maior parte da infestação de ervas presentes no ambiente. A germinação numa dada época é função da frequência de microlocais no solo que satisfaçam os requisitos da germinação de uma espécie. O microlocal que satisfaz ou preenche os requisitos para germinação pode não ser adequado para o estabelecimento e o crescimento posterior da plântula em emergência. Deste modo, o início do processo de germinação está ligado a algumas condições externas essenciais, cujos níveis são variáveis para cada espécie.

Quantidade suficiente de água, tegumento das sementes, permitindo ao embrião rompê-lo com maior facilidade. A água também facilita a penetração do oxigênio, diluindo o protoplasma e permitindo que este inicie as atividades de suas diversas funções.

Temperatura favorável: para todas as sementes existe uma temperatura mínima abaixo da qual não há germinação, uma temperatura máxima acima da qual também não há germinação, e uma temperatura na qual se verifica a germinação com a maior velocidade, chamada de temperatura ótima.

Quantidade suficiente de oxigênio: o oxigênio deve penetrar na semente, onde cumpre diversas funções durante o processo de germinação, dentre as quais permitirem a transferência das reservas solúveis do endosperma e cotilédones aos pontos de crescimento do embrião.

Outros fatores: em adição, as sementes dormentes necessitam de condições especiais para quebra de dormência, como luz, frio, ruptura do tegumento, etc., variáveis com as espécies.

Trabalhos de solo estimulam a germinação porque melhoram a aeração do solo, trazem sementes enterradas até a luz e enterram outras que exijam condições diversas. Por outro lado, em áreas onde são empregadas as técnicas do cultivo mínimo, as sementes não são favorecidas por estas condições, permanecendo em estado de dormência. A frequência dos trabalhos de solo afeta o número de sementes em

germinação, assim como as plântulas que emergem, porém não afeta propriamente a época do ano em que elas germinam.

6. Profundidade de germinação

A profundidade da qual as sementes germinam e de onde as plântulas podem alcançar a superfície do solo, varia com a espécie e está relacionada com o tamanho da semente e com a reserva nutritiva. Os mecanismos de dormência podem impedir a germinação quando as sementes se encontram abaixo de certa profundidade. Qualquer semente só poderá alcançar a superfície se sua reserva de alimento for adequada, tanto para respiração quanto para o crescimento enquanto ela estiver enterrada.

Sementes pequenas, com peso menor do que 0,1 mg, como em Juncus spp. E em Matricaria recutita, são sensíveis à luz e, portanto, só germinarão se estiverem na superfície ou a uma profundidade máxima de 1,2 cm.

A maioria das espécies daninhas anuais, que apresentam peso de sementes entre 0,1 e 5,0 mg. Emergem de profundidades geralmente menores do que 5 cm. Já sementes grandes podem, inclusive, germinar de profundidades de até 15 a 20 cm.

A profundidade de germinação é uma característica importante quando o planejamento do cultivo tem o objetivo de diminuir o conteúdo de sementes de ervas no solo por estimular a germinação e destruir as plântulas resultantes. Esta característica é importante também no que se refere à determinação da profundidade na qual um herbicida de pré-semeadura deve ser incorporado ao solo

7. Longevidade e viabilidade das sementes

O tempo durante o qual a semente se mantém viável (longevidade) depende da espécie e também das condições de armazenamento. Existem espécies cujas sementes têm poucos dias de viabilidade, enquanto outras conservam sua viabilidade durante centenas de anos. O caso extremo é representado pela planta aquática Nelumbo nucifera ou loto-da-índia, da qual foram encontradas, no leito de um lago na Manchúria, sementes viáveis.

O experimento organizado por Duvel (1902) forneceu dados sobre a longevidade de sementes de 107 espécies durante 38 anos. A longevidade geral foi a seguinte; após 10 anos ainda permaneciam vivas sementes de 68 espécies; após 20 anos, de 57 espécies; após 30 anos, de 44 espécies e, após 38 anos, ainda de 36 espécies. A espécie Datura stramonium, após 38 anos, apresentou uma germinação de 91% em suas sementes.

Um experimento semelhante foi iniciado por Beal em 1879, com 20 espécies e com duração de 80 anos. Após 20 anos, permaneciam vivas sementes de 11 espécies, após 40 anos, de 10; após 60 anos, de apenas 3 espécies, das quais uma (Verbascum blattaria) apresentou, depois de 70 anos enterrada, uma germinação de 72%.

O tempo durante o qual as sementes de ervas daninhas permanecem viáveis é muito variável. As condições em que as sementes são armazenadas influem na sua vida. Por exemplo, muitas sementes conservam sua viabilidade por um maior período em lugar frio e seco do que em lugar quente e úmido.

A morte das sementes geralmente ocorre pelo desaparecimento das reservas armazenadas, seja através da respiração ou pela ação enzimática e oxidação que leva à desnaturação destas reservas. Este processo também pode se dar pela coagulação das proteínas, degeneração do núcleo ou acumulação de produtos tóxicos. Nas sementes velhas ocorrem mais mutações do que nas sementes jovens ou novas, o que sugere que os núcleos estão sendo afetados, possivelmente através da decomposição de ácidos nucleicos devido ao longo período de tempo. Desta forma, as mutações decorrentes como resultados de um longo armazenamento podem servir como um mecanismo adaptativo para a evolução da espécie.

8. Periodicidade de germinação

È relativamente reduzido o número de espécies daninhas cujas sementes germinam em qualquer época do ano. Pelo contrário, os requisitos para a germinação vão estar mais disponíveis em uma determinada estação. A maioria das espécies germina de forma mais abundante em algumas estações do que em outras; entretanto, em algumas espécies o período de maior emergência não é muito definido.

A época do surgimento das plântulas de ervas daninhas tem muita importância em relação com a época das operações agrícolas de preparo do solo para semeadura as culturas. Sendo assim, a periodicidade da germinação determina a associação de plantas daninhas anuais com certas culturas, de acordo com a época do cultivo final no qual as plantas são destruídas. Isto permite uma decisão sobre quando aplicar os tratamentos, principalmente herbicidas.

A periodicidade é um mecanismo especializado das plantas daninhas a qual mostra picos definidos de germinação a intervalos regulares. Poucas espécies germinam livremente durante o ano todo. A periodicidade é, basicamente, constante para a maioria das espécies, independente de diferenças climáticas ocorrentes entre anos.

Reprodução assexual ou vegetativa

Reprodução assexual ou vegetativa é o método de propagação que independe da semente, ou seja, órgãos ou fragmentos de tecidos especializados são capazes de regenerar uma nova planta.

Na reprodução sexual, geralmente é produzido grande número de indivíduos potenciais, com baixa taxa de sobrevivência, poucos indivíduos que apresentam altas chances de sobrevivência e identidade genérica com os pais e entre si. Plantas que se reproduzem vegetativamente apresentam identidade genética semelhante, sendo denominados “clones”.

A maioria dos propágulos se constitui em gemas que se desenvolvem nos caules, porém, podem também ocorrer gemas adventícias em raízes, folhas e até em inflorescências. São várias as partes das plantas que podem constituir-se em órgãos de propagação, tais como rizomas, tubérculos, estolões, bulbilhos, bulbos, gemas adventícias nas raízes e nas folhas e a separação de pedaços de plantas cactáceas.

Os rizomas são os propágulos mais comuns, constituindo-se de caules horizontais subterrâneos (hipógeos), enquanto estolões são caules horizontais rasteiros (epígeos) que se desenvolvem ao longo da superfície do solo e podem enraizar nos nós. Os bulbos são formados por uma gema terminal engrossada, em vez de um pedaço sólido de caule.

Também ocorrem outros tipos de propágulos, por exemplo, em **Convolvulus arvensis** há a produção de gemas adventícias nas raízes; espécies de cactos rebrotam de secções suculentas dos caules (cladódios); já em **Oxalis** spp. há a produção de um tipo de bulbo que se constitui de um caule curto, grosso, ereto e subterrâneo do qual folhas e flores desenvolvem diretamente. No caso de **Allium vineale**, além da reprodução por sementes, ocorre a propagação vegetativa através de bulbos e bulbilhos aéreos. Os bulbos que se desenvolvem acima da superfície do solo apresentam casca dura e têm alto grau de dormência; já os bulbos que se desenvolvem abaixo do solo apresentam casca mole e pequena ou nenhuma dormência.

A apomixia se constitui em outras formas de reprodução assexual. Ao invés da semente, que é produzida pela fusão do grão de pólen com o óvulo, na apomixia este mecanismo é substituído pelo crescimento de uma gema vegetativa diploide dentro do óvulo, desenvolvendo uma semente. Quanto às características, aparência e comportamento, as “sementes” apomíticas são similares às normais, apenas apresentando identidade genética semelhante. A apomixia é uma forma de reprodução vegetativa que usa a semente como veículo. Quando uma planta produz uma mistura de sementes sexuais e apomíticas em graus variáveis, ela se constitui numa mistura

inseparável de propágulos sexuais e assexuais. As “sementes” apomíticas apresentam as mesmas características de dormência, dispersão e germinação do que sementes sexuais.

A separação de novos indivíduos em locais não trabalhados ocorre por abscisão ou desmembramento, enquanto em terras trabalhadas por cultivos ela se dá por rompimento. As ervas perenes são mais sérias em ambientes onde há mínima perturbação do solo. Trabalhos mecânicos repetidos a curtos intervalos restringem as perenes que sobrevivem. Os trabalhos de solo afetam as plantas perenes rasteiras através do corte de suas partes aéreas e rizomas.

Um ponto fraco do processo vegetativo, quanto à habilidade de regeneração, é o limitado número de gemas que as plantas produzem. Já que novas gemas aéreas não podem ser formadas em tecidos de caules maduros, enquanto as gemas laterais existentes vão sendo exauridas pelos cultivos frequentes. Desta forma, não haverá crescimento posterior, mesmo se os fragmentos de rizomas permanecerem vivos. Enquanto os primeiros cultivos estimulam o crescimento de gemas laterais através de cortes dos rizomas, os cultivos tardios rompem as partes aéreas assim que elas se desenvolvem. Contudo, se o método não for seguido rigorosamente, o problema não só permanece como é agravado através da fragmentação dos rizomas, originando muito mais indivíduos do que havia inicialmente na área.

1. Importância da reprodução vegetativa

Um grande número de espécies de ervas daninhas se reproduz e se dissemina por métodos vegetativos, além de se multiplicar por sementes. Embora o número de espécies consideradas problemas à agricultura seja mais restrito, elas são de grande importância pelos prejuízos advindos de sua infestação. São espécies que resistem às práticas culturais, apresentam extrema agressividade, regeneram de pequenos fragmentos de tecidos e se desenvolvem juntamente com as culturas.

Por exemplo, um tubérculo de **Cyperus esculentus** 14 semanas após o seu plantio no solo, infestou uma área de 2 m de diâmetro e sua produção de tubérculos frescos foi equivalente a 20 toneladas por hectare. Após 1 ano houve a produção de 1918 plantas e 6864 tubérculos, a maioria encontrada até 30 cm de profundidade. Já tubérculos de **Cyperus rotundus** plantados a 30 cm de intervalo produziram o equivalente a 7.725.000 plantas por hectares ou 11.050.000 tubérculos na área. Por outro lado, uma planta de **Sorghum halepense** com 14 semanas de idade produziu 25 m de rizomas e teria capacidade total de produzir durante o ciclo entre 60 e 90 m de rizomas; além disso, uma planta pode produzir 20.000 sementes.

Sem a interferência do homem, de forma natural, uma única planta daninha pode crescer de 3 a 6 m em diâmetro, dependendo do vigor da espécie e das condições ambientais.

2. Dormência dos propágulos vegetativos

Ocasionalmente, os propágulos vegetativos passam por um curto período de dormência após sua separação da planta-mãe, sendo estimulado à retomada do crescimento (brotação) por uma variação ambiental ou por condições internas.

Há dois tipos de dormência nos propágulos vegetativos; apical e ambiental. A dormência apical é aquela que é controlada pela própria planta. Nesta situação, a dormência pode ocorrer por dominância apical, imaturidade fisiológica ou presença de camadas externas impermeáveis que impeçam a entrada de oxigênio e água.

A dormência controlada pelas condições ambientais ocorre devido às condições de solo, relação entre gases (O₂ e CO₂), temperatura, umidade, etc. Incremento no nível de O₂ promove a brotação, enquanto alto nível de CO₂ reduz a brotação de tubérculos de **Cyperus**.

Estudos sobre os mecanismos respiratórios sugerem o envolvimento de enzimas no processo de brotação. Cada espécie responderia a um ou mais fatores

ambientais que controlam sua dormência. Em geral, a dormência de propágulos vegetativos tem curto período de duração, devendo-se isto ao esgotamento das reservas e à respiração acelerada devido ao seu grande tamanho. Em solos compactados e sem manejo, a dormência nunca excede a 5 anos; porém, em solos cultivados, esta será muito menor.

3. Disseminação dos propágulos vegetativos

Geralmente, a disseminação de propágulos vegetativos é menos eficiente do que a de sementes, pois aquelas são relativamente grandes, pesados e pouco tolerantes às condições adversas. Os principais modos de disseminação são: trabalhos de solo, movimentação de máquinas, palhas, fenos e água de irrigação.

4. Profundidade de penetração no solo

A profundidade na qual o sistema radicular das plantas daninhas penetra no solo varia com a espécie, característica do solo (textura, estrutura), profundidade do lençol freático e com as práticas de cultivo utilizadas.

Estudos realizados por **Kiltz** (1930) determinaram a profundidade de penetração do sistema radicular de 14 espécies de plantas daninhas crescendo em solos aluviais. Foram encontradas raízes a profundidade que variavam desde 1,5m, como no caso de **Rumex acetosella**, até 5 m para **Convolvulus arvensis**.

Estudos realizados na Rússia por **Paczosky** (1970) encontraram raízes em profundidades que variavam desde 2,1m para **Melondrium** álbum, até 6 m em **Cirsium arvense**. Esta última espécie, crescendo em terras de pastagem, teve o seu sistema radicular distribuído nos primeiros 0,3 m do solo, já quando se encontrava em solos soltos e bem drenados, suas raízes atingiram até 1,8m.

Para algumas plantas, a aração e o cultivo induzem a penetração de raízes a grandes profundidades, como no caso de **Cyperus rotundus** (tiririca), **Cynodon dactylon** (grama-seda) e **Sorghum halepense** (sogro-de-Alepo).

5. Profundidade de regeneração

O conhecimento da profundidade da qual as ervas se regeneram é de grande importância na determinação das práticas de aração, manejo e profundidade de aplicação de herbicidas para o seu controle. Como exemplo, pode-se citar uma pesquisa conduzida por **pammel e King** (1909) que enterraram pedaços de raízes de **Elytrigia repens** a várias profundidades. Eles notaram que a profundidades maiores do que 0,3m, as gemas brotadas não chegavam à superfície do solo. Isto sugere que é necessária aração profunda para sua eliminação.

Diferentes profundidades de regeneração fazem com que uma espécie possa prevalecer sobre outra numa determinada área. **Elytrigia repens** não se regenera a profundidades maiores do que 30 cm, já **Convolvulus arvensis** sp. Regenera a profundidade de 1,8 m. Arações a profundidades de 0,3m fazem com que **Convolvulus** sp. predomine na área.

Outro fator importante para a capacidade de regeneração de plantas daninhas é o tamanho dos propágulos, pois só haverá regeneração a partir de um tamanho mínimo do propágulo vegetativo. Por exemplo: pedaços de raízes **Cirsium arvense** com 0,5 a 2,2 cm já são capazes de regeneração.

Características das plantas daninhas

Embora, botanicamente, não seja possível caracterizar as espécies consideradas daninhas, no sentido agrônômico a maioria delas apresenta determinadas

características diferenciais que as capacitam a sobreviver nos ambientes cultivados. Dentre estas características, as principais são as seguintes:

- agressividade reprodutiva e/ou multiplicativas, com produção de elevado número de sementes e de grande número de indivíduos, isto é, extensas populações;
- agressividade vegetativa, devido ao crescimento rápido e vigoroso, especialmente um rápido desenvolvimento inicial;
- germinação desuniforme no tempo e no espaço;
- adaptação aos mais variados ambientes, habilitando-as a sobreviver sob condições desfavoráveis;
- produção de inibidores químicos;
- plasticidade populacional;
- adaptação ao ambiente trabalhando pelo homem e resistência ao controle que este exerce sobre elas, já que possuem estabelecimentos próprios e uma vez estabelecidos, apresentam difícil erradicação.

De um modo em geral..... a se tornarem daninhas pode estar relacionados com os hábitos de crescimento e frutificação ou com os da produção de sementes. Assim, em relação ao crescimento e frutificação, as plantas daninhas se caracterizam por:

- capacidade de sobrevivência sob condições adversas e também sob aquelas favoráveis ao crescimento das culturas;
- muitas espécies perenes são capazes de regenerar a partir de partes cortadas;
- muitas espécies perenes podem disseminar por partes vegetativas, mesmo sendo impedida a produção de sementes;
- muitas espécies são capazes de crescer sob condições adversas, devido a modificações morfológicas da parte aérea para a conservação de umidade;
- muitas espécies apresentam flores diminutas e inconspícuas, cujas sementes maturam antes que sua presença seja notada;
- muitas espécies contêm substâncias que lhes fornecem gosto ou sabor desagradável, já outras são recobertas por espinhos, estas estruturas protegem as plantas dos inimigos naturais ou de animais domésticos.

Quanto aos hábitos de produção de sementes, estas plantas se caracterizam por:

- produzir elevado número de sementes, anualmente;
- as sementes enterradas podem permanecer viáveis por muitos anos;
- muitas ervas podem maturar sementes após serem removidas do solo;
- algumas espécies apresentam sementes similares em tamanho, forma e peso às de culturas, tornando difícil a separação;
- sementes ou frutos de muitas espécies estão providos com estruturas especiais que ajudam na disseminação.

De outro modo, poder-se-ia caracterizar uma planta daninha “ideal” como aquela que:

- não apresenta exigências ambientais especiais para germinação;
- apresenta germinação descontínua (auto-controlada) e grande longevidade das sementes;
- mostra rápido crescimento da plântula;
- utiliza apenas um curto período de tempo na condição vegetativa antes de iniciar o florescimento;
- mantém uma produção contínua de sementes tanto quanto as condições de crescimento permitam;
- é auto-compatível, mas não obrigatoriamente auto-polinizada ou apomítica;
- quando de polinização cruzada esta pode ser alcançada por insetos não-especializado ou pelo vento;

- apresenta produção muito elevada de sementes em condições ambientais favoráveis;
- pode produzir sementes em condições ambientais muito amplas, apresentando alta tolerância para variações climáticas e edáfica;
- apresenta adaptações especiais tanto para disseminação a curta quando a longa distância;
- se for perene, apresenta vigorosa reprodução vegetativa;
- se perene, apresentam habilidade de regeneração a partir de rizomas e estolões divididos;
- quando perene, apresenta fragilidade nos nós inferiores ou nos nós dos rizomas e estolões;
- apresenta habilidade para competir por meios especiais: formação de roseta, paralização do crescimento, produção exócrina, etc.

Variações nas populações

As ervas daninhas apresentam alta variação dentro da espécie, tanto morfológica quanto fisiológica. Assim, taxa de germinação, altura de planta, ramificação, forma das folhas, tolerância a herbicidas, tolerância à variação ambiente, podem ser as mais diversificadas. Esta variação é devida a fatores internos (genéticos) e a fatores externos (ambientais) e, principalmente, à interação de ambos. A variação genética é um fator importante da evolução que provê adaptação a novos ambientes e práticas agrícolas.

Quando existir variação em crescimento e morfologia das plantas de uma espécie que estão crescendo sob condições uniformes, estas diferenças dentro da população são genótípicas. Já quando planta do mesmo genótipo crescerem em condições variáveis e surgirem diferenças na aparência, estas diferenças são fenotípicas.

A variação morfológica, dentro da espécie, pode ser mínima para plantas lenhosas, ervas nativa e para aquelas de propagação vegetativas, existindo pouca variação genotípica e pouca habilidade de reação a diferentes ambientes. As vezes, a variação dentro da espécie pode ser extrema, devido à variação genotípica e à resposta das plantas a pressões ambientes. A variação na suscetibilidade a herbicidas geralmente é genética.

1. Variação fenotípica

A variação de indivíduos vegetativos é maior do que em animais. As plantas crescem até o tamanho e capacidade reprodutiva máxima permitida pelo meio. Já os animais crescem até atingir o tamanho padrão para a espécie e produzem crias dentro de faixa limitada.

O tamanho e a aparência das ervas refletem mais a oportunidade do ambiente ou estresse do que à herança genotípica. Um mesmo clone, plantado sob diferentes condições, pode apresentar ampla variação morfológica, que é inteiramente fenotípica. Pode também mudar sua morfologia dentro de uma geração, que representa uma adaptação para sobrevivência em ambiente variável, o que é comum ocorrer com ervas de áreas cultivadas. Pode-se fazer uma observação, comprando as plantas do centro da área, que estão competindo com a cultura, com aquelas que crescem nas orlas e cercas. Existem diferenças comuns, como no grau e ângulo de ramificações e na largura e coloração das folhas. Em ervas aquáticas existe variação entre folhas submersa, flutuantes e emergentes, variando no grau de suporte interno, espessura da cutícula e localização de estômatos.

2. Variação genotípica

Pode ser expressa em variação morfológica da planta, tolerância fisiológica a herbicidas, ao calor, à seca, etc. Ambos os tipos (morfológica e fisiológica) de variação podem ocorrer juntos ou separados, como podem não estar relacionados um ao outro.

Nos EUA foram plantadas seis coleções de *Sorghum halepense* provenientes de diferentes Estados de submetidas a condições ambientais similares. Elas apresentam variações morfológicas (número de afilhos primários e secundários, altura de planta e número de rizomas) e variação fisiológica, representada por diferenças em tolerância ao herbicida dalapon.

Resistência aos herbicidas

A resistência das plantas aos herbicidas pode ocorrer naturalmente dentro das populações ou pode desenvolver-se como resultado de longa exposição a herbicidas. Os efeitos são significâncias destes fatos são diferentes.

Todas as espécies podem apresentar resistência natural a alguns herbicidas, como as gramíneas ao 2,4-D. Ela ocorre devido ao desenvolvimento de resistência fisiológica durante a evolução da espécie (pode ser antes mesmo de terem sido expostas aos herbicidas). Este mecanismo é importante no controle seletivo de espécies suscetíveis.

Também pode surgir resistência como um processo de mudança nas espécies presentes quando a população de ervas é exposta durante diversos anos a um único herbicida. O herbicida favorece seletivamente espécies com resistência natural, permitindo-lhes a reprodução e aumentando sua população a expensas de ervas suscetíveis suprimidas pelo produto.

A taxa de ocorrência de mudança nas populações varia com a persistência de espécies suscetíveis e com a frequência de reprodução sem influencia do herbicida.

A resistência ou tolerância natural varia dentro da espécie e entre espécies. Quando uma população de ervas, previamente suscetível, é exposta a um herbicida, alguns indivíduos resistem, sobrevivem e reproduz a resistência, esta é uma resistência induzida a herbicidas.

Em ervas daninhas é pouco provável o desenvolvimento de resistência devido à lenta taxa de reprodução de muitas espécies e ao contínuo retrocruzamento em plântulas de populações em dormência e, portanto, suscetíveis. No entanto, estes dois fatos podem ocorrer ocasionalmente. A ocorrência de resistência em insetos e patógenos é muito mais provável devido à rápida reprodução destes organismos e a grande percentagem a população total que é exposta.

A resistência induzida é muito mais provável ocorrer em espécies efêmeras expostas a aplicações repetidas de herbicidas residuais, como ocorreu, por exemplo, em genótipo de **Senecio** que apresentou tolerância à **simazina** e **atrazina** após 10 anos de aplicação continuada, ou populações de **Chenopodium** que desenvolveram resistência à **atrazina** usada em milho.

Dinâmica das populações

As populações de plantas daninhas raramente são estáticas, estando em constante flutuação. A população aumenta quando a taxa de reprodução é maior do que a de mortalidade e diminui quando ocorre o inverno.

O manejo de ervas em longo prazo objetiva que a mortalidade supere a taxa de reprodução; com isto, haverá decréscimo da população dom o tempo. Portanto, o controle de ervas, a longo termo, nada mais é do que o exercício da aplicação da dinâmica de populações.

Para ervas anuais, a reserva de sementes no solo é formada pelas sementes produzidas no local mais aquelas disseminadas de outras áreas. No período entre a

germinação das sementes e até o estabelecimento das plantas pode haver mortalidade das plântulas durante ou após germinação. Durante a germinação pode haver vulnerabilidade a patógenos e a insetos ou à dessecação, competição ocasionada por plantas estabelecidas, perturbações do solo ou aplicação de herbicidas. Após a germinação, pode ocorrer mortalidade por competição com outras plantas, clima desfavorável, agentes de biocontrole, aplicação de capinas ou herbicidas. No caso de ervas perenes, sem reprodução vegetativa, o comportamento é similar ao das ervas anuais, exceto a ocorrência de floração repetida. Algumas sementes germinam logo e alcançam a parte ativa da população perene, mas a maioria das sementes retorna à reserva do solo. As perenes com produção vegetativa apresentam dois métodos de suprir a reserva de propágulos no solo: propágulos vegetativos e sementes. Alguns propágulos vegetativos em seguida crescem em plantas-filhas, ao redor da planta-mãe; enquanto outros são mantidos inertes pela dominância apical até a separação da planta-mãe.

Cada espécie, em determinado local, apresentará um nível de dano econômico que é a menor população que causará prejuízo econômico. Se o nível de dano econômico for baixo, apenas poucos indivíduos podem ser tolerados sem causar prejuízos econômicos.

Para a maioria das ervas, a estabilidade de população é alcançada dentro de um determinado tempo, havendo então pequena flutuação de ano para ano, exceto se ocorrer troca nas práticas agrícolas (rotação para monocultivo, por exemplo) ou troca nos ambientes (pastagem para culturas).

As estratégias para manejo das populações de ervas podem ser de curto ou de longo prazo. As medidas de controle de curta duração como usam de capinas ou herbicidas, fornecem controle apenas temporário que reduz a população abaixo do nível de injúria econômica por pouco tempo, necessitando, por conseguinte, aplicação a cada estação e com pouco efeito em longo prazo. Medidas de longo prazo, como uso de métodos culturais e biológicos, este permanente, oferecem solução a longo prazo pela adoção de mudanças agronômicas, de manejo, ou no ambiente físico ou biológico da área.

O sistema ideal de controle de ervas é o integrado, em que se faz associação de medidas de controle que sejam eficientes temporariamente, pela supressão da população ativa, e de longo prazo para alcançar a redução gradual na população passiva.

METODOS PREVENTIVOS

A prevenção objetiva evitar a infestação e a reinfestação das áreas em que as plantas daninhas sejam economicamente indesejáveis. Conseqüentemente, ela visa a redução das infestações, não programa o controle para eliminar as espécies encontradas numa dada área. A prevenção engloba todas as medidas tomadas para evitar a introdução e a disseminação das ervas. Pra tanto, ela se baseia em se conhecer os métodos de reprodução e disseminação destas plantas.

O sucesso das medidas preventivas vai depender das espécies daninhas e do esforço que for devotado ao programa. Este método não tem condições, por exemplo, de evitar a infestação através da disseminação de partes reprodutivas pelo vento. As ervas dependem de forças externas para sua disseminação. A primeira atenção deveria ser a adoção de medidas preventivas que sejam mais prováveis de alcançar resultados favoráveis em função do esforço dispendido.

A vigilância que o agricultor deve manter em sua propriedade é o ponto básico para obter sucesso com programas preventivos. Para isto, é fundamental que ele saiba reconhecer as sementes das ervas daninhas, suas plântulas e as plantas adultas. Um aspecto muito negativo é a indiferença que os agricultores, em geral, mantém durante os primeiros anos da invasão, não se dando conta dos riscos que a extensão da mesma apresenta até que se difunda por áreas significativas. Quando for reconhecido o caráter prejudicial da espécie e forem iniciadas as medidas de combate, as invasoras já abrangem áreas tão extensas, cobrindo inclusive áreas acidentadas e inacessíveis que sua extirpação completa já não é mais possível.

Princípios da produção de semente

1. Uso de sementes certificadas

O meio mais comum e eficaz para a introdução de ervas daninhas é o comércio e a distribuição de sementes contendo impurezas. Por isso, é de extrema importância para o agricultor o uso de sementes certificadas como primeiro passo do programa preventivo.

Quando o homem semeou os primeiros cultivos e as sementes destes estiveram contaminadas por sementes daninhas, começou a se criar um problema que desde então vem sendo muito ampliado.

As sementes das culturas raramente estão livres de sementes indesejáveis devido à semelhança de ciclo, tamanho e forma daquelas e das sementes de ervas. Portanto, a dificuldade em obter sementes limpas tem representado um importante fator na disseminação de plantas daninhas.

Duas características das espécies daninhas tem sido negativas à produção de sementes das culturas: a similaridade de forma e tamanho das sementes que dificultam a separação das mesmas quando da limpeza.

2. Produção de sementes limpas

É um fato elementar, contudo importante, que mesmo poucas plantas daninhas presentes numa lavoura de produção de sementes certificadas apresentam a possibilidade de que algumas destas sementes de ervas encontrem seu caminho de disseminação através do suprimento de sementes da cultura, mesmo com adoção e uso das melhores técnicas de limpeza das sementes.

Neste sentido, os herbicidas podem ser usados sem restrições quando da produção de sementes certificadas, uma vez que eles não estão sujeitos aos mesmos regulamentos e restrições de uso que lhes são impostos quando da produção de grãos destinados à alimentação.

Embora sementes certificadas possam estar contaminadas com menos de 1% de sementes daninhas, este fato pode parecer satisfatório; no entanto, é importante lembrar que a presença de uma só semente daninha é suficiente para iniciar uma nova infestação.

Por outro lado, deve-se associar o fato de que uma planta apresenta potencialidade para produzir grande número de sementes e também que as ervas que ocorrem nas fileiras das culturas são de muito difícil controle através de métodos mecânicos.

As sementes certificadas, geralmente contêm menos contaminação por sementes daninhas do que aquelas produzidas e utilizadas pelo próprio agricultor e que não receberam os processos normais de certificação. Uma pesquisa sobre presença de sementes daninhas em cereais na Inglaterra revelou que apenas 4% das amostras de sementes certificadas comercializadas coletadas continham mais de 10 sementes de ervas. No entanto, 74% das amostras de sementes providas e utilizadas pelos agricultores continham este nível de contaminação.

Estudos conduzidos no Canadá mostraram que 40% das sementes produzidas e utilizadas pelos agricultores não satisfaziam as mínimas exigências da legislação sobre sementes daquele País. Também nos Estados Unidos, levantamentos realizados em cinco estados, demonstraram que entre 37 e 85% das sementes usadas não tinham sido testadas quanto ao poder germinativo e pureza.

Desta forma, muitos dados têm revelado a pouca importância que deveria merecer o problema do uso de sementes limpas, mesmo em países desenvolvidos. Em função disto, são apresentadas algumas sugestões no sentido de melhorar a qualidade das sementes:

- examinar cuidadosamente as etiquetas de classificação das sementes para garantir germinação satisfatória e ausência de sementes de ervas potencialmente sérias ou de sementes de outras culturas;
- selecionar sementes certificadas de variedades adaptadas ao meio para cultivar;
- quando as sementes adquiridas não forem certificadas, obter informações sobre sua pureza varietal, percentagem de germinação e qualidade;
- se necessário, proceder a uma limpeza adicional para assegurar que a semente da cultura esteja livre de sementes potencialmente daninhas;
- proceder a limpeza e testar todas as sementes produzidas na propriedade quanto ao seu grau de germinação e pureza.

Neste ponto, convém lembrar que “ um grama de prevenção vale um milhão de cura” .

Geralmente, as sementes certificadas são analisadas quanto aos seguintes aspectos: pureza varietal, pureza física, germinação, valor cultural (peso físico x percentagem de germinação), vigor (propriedade fisiológica, determinada pelo genótipo e modificada pelo ambiente que governa a capacidade da semente produzir rapidamente uma planta e tolerar significativas variações das condições de ambiente), teor de umidade, presença de microorganismos, presença de insetos, uniformidade e peso volumétrico.

3. Métodos de limpeza de sementes

As operações iniciais de limpeza visam reduzir o volume, diminuir o tempo de secagem e facilitar o manuseio das sementes.

As operações finais de limpeza podem então ser realizadas utilizando uma ou mais máquinas especializadas.

A limpeza das sementes é muito importante, na medida em que raras vezes elas saem limpas da lavoura. As sementes daninhas são separadas das sementes das culturas fundamentalmente por características físicas e químicas diferenciais existentes entre ambas. Entre elas, citam-se: tamanho, peso, forma, área superficial, densidade, aderência (baseada na viscosidade, pubescência, textura, cor ou propriedades elétricas).

4. Limpeza do equipamento

A maquinaria contribui decisivamente para disseminação das plantas daninhas e, portanto, deveria ser tomado cuidado em cada operação de manuseio das sementes das culturas para prevenir sua contaminação com sementes destas espécies. Embora o agricultor, em geral, não tenha controle sobre a maioria do equipamento de transporte de sementes, ele pode realizar muito no sentido de reduzir a disseminação de ervas através de sua própria maquinaria agrícola os tipos de equipamento são responsáveis pela disseminação de sementes de ervas e de órgãos vegetativos de uma lavoura a outra.

As sementes maduras das ervas são colhidas juntamente com as sementes das culturas por ocasião da colheita, podendo, ou retornar à lavoura, ou contaminar o produto colhido. Portanto, todas, as máquinas deveriam ser limpas após o seu uso se houve possibilidade de que sementes daninhas tenham aderido a elas. Durante a limpeza, também deveriam ser tomadas precauções para prevenir a contaminação de áreas livres de ervas. Frequentemente, estas áreas tem originado novas infestações.

As máquinas utilizadas nas colheitas dos cultivos (colheitadeiras, enfardadeiras, ceifadeiras) são os equipamentos que podem transportar maior número de sementes e propágulos de lavoura à lavoura, ou misturá-los ao produto colhido.

As trilhadeiras são as máquinas que apresentam maior complexidade e, por isso, representam o equipamento que pode conter o maior número de sementes, devendo, portanto, sofrer rigorosa limpeza após a colheita de uma área. Esta limpeza pode ser realizada com o auxílio de um compressor de ar, aspirador ou, em sua falta, com o uso de jato d'água.

Estes equipamentos, muitas vezes são usados na prestação de serviços, podendo passar de uma lavoura para outra, de município para município e, às vezes, até de um estado para outro, possibilitando a disseminação de ervas a curta e longa distâncias.

Muitos equipamentos de limpeza de sementes podem servir a vários estabelecimentos agrícolas, necessário, desta forma, grandes cuidados, pois eles poderão conter sementes de ervas nas peneiras, nos elevadores ou no depósito, devendo-se, no intervalo dos trabalhos, proceder à limpeza da maquinaria para remoção das sementes daninhas ali depositadas.

Movimentação e manejo de animais

Muitas plantas daninhas são disseminadas por sementes que aderem à lã e ao pelo dos animais, a suas patas, ou que passam através do seu trato digestivo. Os animais podem consumir sementes daninhas em seu alimento, retê-las em seu trato digestivo e, então, expelí-las a longas distâncias do local onde as ingeriram.

O transporte de gado, quando levado através de estradas e rodovias, é um meio comum de dispersão de sementes de espécies daninhas. Portanto, deve-se ter cuidado no manejo do gado nos locais de carga e descarga e tomar precauções no destino do estrêrco e da cama que se acumulam nos caminhões e vagões de transportar animais recentemente adquiridos devam ser temporariamente confinados e mantidos em quarentena para permitir a excreção de sementes daninhas que possam estar contidas em seu aparelho digestivo.

Também o feno e outros alimentos deveriam ser escolhidos não apenas pela quantidade nutricional apresentada, mas por sua isenção de sementes de ervas.

A lotação e a distribuição do gado é muito importante no manejo da vegetação da área. A distribuição do gado poderá ser controlada por cercas apropriadas, localização adequada da água e do sal provisão de sombra. Os problemas de plantas daninhas tende a ser maiores quando o gado esta concentrado. Pastoreios rotativos permitem descanso periódicos que possibilitam a recuperação das espécies forrageiras palatáveis. O manejo dos animais visa, de certa forma, direcionar o equilíbrio dinâmico da comunidade vegetal para uma situação de predominância das espécies de melhor valor forrageiro. Por ação do animal, modifica-se o equilíbrio pelo efeito do grau de desfolhamento e pelo pisoteio. O pisoteio excessivo provoca uma perturbação muito grande na comunidade, permitindo a instalação de plantas daninhas. O efeito se dá através do revolvimento do solo em função da grande pressão que o animal exerce. Esta situação tende a se agravar quanto maior o grau de umidade do solo e a lotação da área.

Por outro lado, um sub-pastejo vai permitir ao animal exercer um pastoreio seletivo e, como consequência, a comunidade vegetal passa a ser dominada por espécies de menor valor forrageiro.

1. Armazenamento de alimentos e produtos

Os fatores primários para o prolongamento da viabilidade de sementes são: baixo conteúdo de umidade, baixa temperatura e baixo suprimento de oxigênio. Os conteúdos de umidade dos grãos, fenos e palhas são reduzidos para armazenagem e isto contribui para a longevidade de sementes de plantas daninhas. Estas sementes podem permanecer viáveis por muitos anos em montes e pilhas de feno, palhas e caixas de grãos. Fenos e concentrados de grãos, por conseguinte, devem ser cuidadosamente selecionados antes de servirem de alimento para o gado. Não se deveria administrar ao gado, como alimento, resíduos de cereais após a passagem pelo debulhador ou pela trilhadeira, ou feno que contenha sementes de plantas daninhas, sem antes destruir sua viabilidade moendo-as, aquecendo-as ou ensilando-as.

2. Passagem de sementes através do aparelho digestivo

A maioria das sementes de ervas daninhas ingeridas pelos animais atravessa o aparelho digestivo em 2 a 3 dias; contudo, para algumas espécies de sementes são requeridos 5 a 7 dias.

Certamente, a viabilidade das sementes de maior tamanho que passam pelo aparelho digestivo animal podem ser destruída mais rapidamente do que a viabilidade das sementes pequenas. No entanto, a germinação de Algumas sementes pode ser aumentada ao passar pelo trato digestivo de bovinos e ovinos. Algumas sementes, inclusive, passam ilesas através do aparelho digestivo do gado e da umidade do esterco promove um meio favorável para a germinação e crescimento das ervas.

Além da espécie vegetal, outro fator que influi no efeito da digestão sobre a viabilidade das sementes é a espécie animal através da qual houve a passagem da semente. Por outro lado, o tempo que a semente permanece no aparelho digestivo dos animais também influencia na sua viabilidade, sendo que, quanto mais prolongada for a permanência, maior será a redução da germinação.

Por outro lado, a idade do animal também pode influenciar na viabilidade das sementes. Animais mais velhos, com dentição desgastada, são menos eficientes na trituração das sementes e destruição de sua viabilidade.

Um estudo sobre a germinação de sementes de 40 espécies daninhas, após a passagem pelo aparelho digestivo de bovinos, ovinos, equinos e suínos, mostrou que a viabilidade de somente seis espécies foi destruídas por todos os animais testados, sendo 19 espécies sobreviveram ao processo digestivo de todos os animais.

Outra pesquisa mostrou a seguinte ordem de animais quanto a percentagem de sementes viáveis que passaram por seu trato digestivo: bovinos – 10%, suínos – 9%, equinos – 9%, ovinos – 6%, aves – 0,2%. Por outro lado, a ordem destes animais quanto à percentagem de sementes expelidas inteira foi: suínos – 24%, bovinos – 23%, equinos – 13%, ovinos – 11%, aves – 0,3%. Nesta pesquisa se recuperaram, em média, 14% das sementes viáveis para cada lote de 1.000 sementes administrado aos animais.

3. Permanência de sementes no estêrco

De uma maneira geral, as sementes de plantas daninhas perdem sua viabilidade ao permanecerem no estêrco animal: no entanto, o tratamento fornecido ao estêrco influencia na perda da viabilidade das sementes que nele estão contidas. Como regra, é necessário fazer o estêrco fermentar do modo, mais completo possível. É importante salientar que mesmo montes antigos de estêrco podem conter sementes viáveis de algumas espécies daninhas durante anos. Além da espécie envolvida, o tempo de permanência das sementes no estêrco também influi na perda da viabilidade das mesmas.

Um estudo sobre a viabilidade de sementes de 31 espécies conservadas em estêrco de cavalo por 5 semanas mostrou germinação de apenas uma pequena percentagem destas sementes. Em outra pesquisa, sementes foram enterradas em estêrco de bovinos e equinos e, depois de 4 meses, a determinação de sua viabilidade não acusou germinação de nenhuma das sementes.

Outro estudo investigou a viabilidade de sementes de 52 espécies enterradas no estêrco, cujo conjunto de montes foi mantido por 6 meses. Ficou constatado que depois de 1 mês nenhuma das sementes germinou mas algumas permaneciam firmes. Já após 6 meses, além de todas perderam a viabilidade, nenhuma conservou a dureza.

Estes trabalhos permitiram concluir que, embora muitas sementes morram ao passar pelo aparelho digestivo animal e muitas também morram ao permanecer no estêrco, o número de sementes que pode chegar a germinar ainda é considerável. Deve-se, portanto, proceder à fermentação do estêrco do modo mais completo possível, antes na lavoura.

4. Permanência das sementes na silagem

Nas silagens, na presença de carboidratos fermentáveis, umidade adequada e condições anaeróbicas que promovem a fermentação láctica, há a produção de 1,5 a 2,0% de ácidos orgânicos e um PH de entre 3,5 e 4,0 que promovem a perda da viabilidade da maioria das sementes de plantas daninhas presentes no processo. Assim, os alimentos contém, depois de terem sofrido silagem, poucas sementes daninhas viáveis. Mesmo assim, algumas sementes duras (de tegumento firme) podem sobreviver a este processo. Por conseguinte, a disseminação de sementes de plantas com as culturas que possam ser ensiladas é reduzida, mas não completamente eliminada. Em geral, as sementes contidas na parte superior do silo germinam melhor do que as contidas no centro e no fundo do mesmo.

Em um estudo foram....(falta texto) espécies. No primeiro ano do trabalho, após 2 semanas de ensilagem 18 destas espécies tiveram a viabilidade das sementes destruídas no já segundo ano, isto foi conseguido após 9 dias de ensilagem, sendo que a espécie remanescente teve a viabilidade das sementes destruída após 3 semanas.

Outra pesquisa introduziu 29 espécies num processo de ensilagem, sendo que a viabilidade das sementes foi acompanhada desde 1 até 21 semanas. Foi constatado que apenas três espécies não perderam a viabilidade.

Outras medidas de prevenção

Uma das mais eficazes medidas preventivas contra ervas daninhas é impedir a produção de suas sementes, já que a persistência de ervas anuais e bienais depende de sua habilidade em produzir sementes para reinfestar o solo. Também a primeira infestação de muitas espécies perenes depende de sementes. O importante é efetuar a ceifa ou o corte das ervas antes da ocorrência do seu florescimento, já que diversas espécies, especialmente as compostas, contêm sementes viáveis poucos dias após o início da floração.

Também o fogo tem sido utilizado visando impedir a produção de sementes e a disseminação das erva. A eficiência da queima na destruição das sementes depende da duração e intensidade do fogo e do grau de maturação e da localização das sementes. As sementes maduras e secas são mais resistentes ao calor do que as sementes imaturas contendo alta percentagem de umidade. Embora um fogo intenso pode destruir a maioria das sementes que permanecem na inflorescência das plantas, somente um número relativamente pequeno de sementes encontrada sobre ou abaixo da superfície do solo será morto através da queima.

O movimento de terra é também um veículo de disseminação das plantas daninhas, com frequência transporta sementes a grandes distâncias, exigindo cuidados com a classe de terra que se utiliza em jardins, gramados e floreiras. O subsolo geralmente não contém sementes de ervas e deveria ser usado preferentemente ao solo da superfície, desde que apresente adequadas propriedades físicas. O problema, porém, é que costuma ser pobre em matéria orgânica.

Os produtos de viveiros, frequentemente, apresentam sementes, fragmentos de rizomas, tubérculos ou bulbos de plantas daninhas. Cuidados especiais deveriam ser dirigidos aos materiais em que as mudas são envolvidas e com o solo que acompanha as palhas produzidas em viveiro, devido ao transporte potencial de ervas daninhas ou de seus propágulos.

Outro agente de disseminação de ervas daninhas é o representado pelos bordos dos canais de irrigação e drenagem. Nas áreas irrigadas, a principal fonte de invasão por ervas é a vegetação exuberante que se desenvolve nos bordos destes canais. Diversas espécies apresentam sementes que flutuam na água e podem ser carregadas por muitos quilômetros através dos canais. O problema de irrigação é um dos que necessita maior cooperação de todos os usuários do sistema.

Quebra-ventos, linha-de-cercas, terraços, curvas-de-nível e beiras-de-estradas deveriam ser regularmente inspecionados a fim de prevenir a invasão de áreas de lavouras e de pastagens a partir destas fontes de infestação.

Medidas legais para prevenção

Para que uma semente possa chegar a ser certificada ela necessita atender a dois requisitos básicos: sofrer inspeção oficial na própria lavoura de produção e, uma vez colhida e limpa, atender aos padrões estabelecidas na legislação, especialmente quanto ao poder germinativo e à pureza.

Ao nível federal, existe uma legislação que relaciona as espécies nocivas para todo o território nacional. No entanto, esta mesma legislação estabelece que os Estados podem manter padrões próprios mais rígidos. Assim, a legislação federal estabelece que semente nociva é aquela de difícil erradicação no campo ou remoção no beneficiamento, é prejudicial à cultura ou a seus produtos. Estas sementes são classificadas em: nocivas proibidas (aquelas cuja presença junto às sementes da cultura) e nocivas toleradas (aquelas cuja presença junto às sementes da cultura é permitida dentro de limites máximos fixados por atos oficiais).

METODOS BIOLÓGICOS

O controle biológico envolve a utilização de inimigos naturais através da ação de parasitas, predadores ou patógenos, no sentido de manter outra densa população de organismos a um nível médio mais baixo, o que não ocorreria em sua ausência. No que se refere as plantas daninhas, o controle biológico consiste no uso de inimigos naturais capazes de reduzir o desenvolvimento destas espécies até um nível economicamente satisfatório.

O controle biológico tem recebido, ultimamente, atenção especial como método de controle de plantas daninhas devido ao interesse na conservação do ambiente e à apreensão pela poluição por produtos químicos que, desta forma, aumenta o seu suporte e os esforços da pesquisa por este método.

Os processos naturais de controle biológico fazem parte do processo de evolução, alcançando, como resultado, o balanço entre espécies animais e vegetais. A progênie de qualquer organismo, quando permitida crescer descontrolada, poderia cobrir a superfície terrestre num curto período de tempo. O balanço natural entre plantas e animais reflete o processo natural do controle biológico. Portanto, o alvo do controle biológico aplicado consiste em regularizar a abundância de um organismo, de modo a permanecer abaixo do nível de dano econômico. O controle de populações de plantas por pragas e doenças é um processo que tem permanecido através dos séculos, porém, apenas recentemente, o homem tem explorado de forma deliberada o uso deste método para o controle de ervas. No entanto, a ênfase sobre o controle biológico tem sido muito menor do que aquela aplicada ao controle químico.

Os objetivos do controle biológico são: a redução e a manutenção de uma população de plantas daninhas abaixo do nível de dano econômico. Este é um método que não visa a erradicação, nem é recomendável quando se visa a necessidade urgente de combater uma espécie daninha, tal como ocorre com plantas tóxicas ou venenosas.

No controle biológico, o agente não deve erradicar a espécie daninha mas apenas inverter sua vantagem competitiva sobre outras plantas economicamente desejáveis. Caso não haja forte interferência humana, a própria natureza previne excessos ao prove balanços entre espécies.

A erradicação completa de uma espécie vegetal é impossível de atingir pelo método biológico; o melhor resultado é um equilíbrio no qual a erva, embora presente, não seja mais uma praga de importância econômica.

O sucesso do uso do método depende ao menos de duas ações artificiais ou não naturais desenvolvidas pelo próprio homem:

1. A espécie daninha a ser submetida ao controle biológico deve ter sido introduzida e, neste processo, deve ter sido liberada de seus predadores naturais;
2. Os predadores naturais de plantas daninhas devem, por sua vez, ser introduzidos e, neste processo, eles devem vir livres de seus próprios inimigos naturais.

Conseqüentemente, estes dois requisitos pressupõem que:

- no habitat nativo da espécie daninha deva existir um organismo que a controle com sucesso;
- o agente de controle possa ser introduzido no novo ambiente, livre de seus predadores nativos;
- o agente deve sobreviver no novo ambiente em que é introduzido;
- não esteja sujeito o controle por novos predadores nativos do novo ambiente;
- deve ser altamente especializado, de forma a não apresentar capacidade de viver e multiplicar sobre espécies vegetais de interesse econômico.

As ervas mais nocivas são aquelas que introduzidas, uma vez que elas normalmente estão livres de parasitas e predadores. Neste caso, o controle biológico por inimigos naturais, também introduzidos, apresenta alta probabilidade de sucesso.

Este método de controle foi usado inicialmente apenas porque outros métodos falharam. A razão da limitação de seu uso era o suposto perigo de que, seguindo a introdução, um intenso pudesse trocar seus hábitos de alimentação e passasse a atacar plantas cultivadas. O fato de que nenhum inseto trocou seus hábitos básicos de alimentação e tenha tornado uma praga, dissipou esse receio.

Durante os anos iniciais do controle biológico foram feitas certas generalizações a respeito de tipos de tipos preferíveis de insetos a usar no controle de planta daninhas. Por exemplo, a de que brocas de raízes e de caules e insetos que se alimentassem internamente de frutos e sementes seriam mais seletivos e preferíveis aos que se alimentassem de folhas. E também de que o controle biológico só deveria ser usado como último recurso, após todos os demais métodos terem falhados, devido ao perigo de introduzir pragas que não pudessem permanecer limitadas à erva daninha específica sob consideração. No entanto, a experiência comprovou que estas generalizações, embora lógicas, não eram realmente verdadeiras.

A experiência provou que insetos que se alimentam em folhas e caules pode ser altamente seletivos, sendo, inclusive, mais eficientes em destruir as plantas do que os insetos mais especializados. Há insetos fitófagos que provaram ser altamente específicos e, inclusive, muito mais efetivos do que insetos brocas. Outro fato, é que os parasitas introduzidos podem viver e ser mais agressivo num novo ambiente do que do que seu habitat nativo. Também num novo complexo ambiental, fatores não antecipados em jogo seguindo a introdução do parasita e podem atuar em vantagem em vantagem do processo de controle. Por exemplo, a alimentação da erva pelo parasita durante a primavera e o início do verão pode enfraquecer o sistema radicular profundo da mesma, de modo que ela se torne incapaz de sobreviver durante uma longa estação seca do verão, levando as plantas seriamente parasitadas a morrer simplesmente por incapacidade em extrair umidade do solo. Pode também ocorrer o caso de invasão secundária da planta parasitada por fungos e bactérias, organismos estes que provaram ser fator importante na extensão da destruição da espécie daninha.

Quanto aos danos ocasionados pelo agente de controle, eles podem ser de dois tipos:

- ação direta: perfuração ou brocamento da planta e enfraquecimento de sua estrutura que a levam ao colapso e/ou consumo de partes vitais da planta;
- ação indireta: neutralização da habilidade competitiva da espécie daninha por redução do vigor de seu crescimento e capacidade reprodutiva, ou favorecimento de condições para o ataque de patógenos.

Estágios num programa de controle biológico

As seguintes fases compõem um programa de controle:

1. Estudo da taxonomia e ecologia da espécie-alvo, tanto onde seja praga quanto em seu ambiente natural.
2. Exploração dos ambientes naturais da erva e de seus parentes próximos para encontrar possíveis agentes de biocontrole, o estudo de sua taxonomia, comportamento e especificidade de hospedeiro e a seleção dos organismos mais promissores para teste posteriores.
3. Importação de agentes potenciais de biocontrole e sua colocação em quarentena, estudos adicionais, seleção e solicitação para sua liberação.
4. Liberação e estabelecimento dos agentes de controle a campo.

Usos do controle biológico

Espécies perenes e invasoras de pastagens nativas são aquelas que melhor tem servido para aplicação do método biológico, porém outras possibilidades incluem ervas anuais em pastagens e áreas cultivadas, ervas em floresta, pomares, áreas recreativas e urbanas, controle ao longo de estradas e em ambientes aquáticos.

O emprego do controle biológico tradicional de ervas comumente tem envolvido áreas de pastagens. Frequentemente, as práticas de manejo é que determinam a possibilidade de certas espécies tornarem-se pragas sérias destas áreas e, dentre tais práticas, a principal está relacionada ao sistema de pastejo.

Em geral, quanto mais simplificadas forem a economia e a ecologia de uma região, melhores serão as chances do controle biológico alcançar sucesso, já que nestas circunstâncias ele irá operar independente de propósitos diversificados de interesses. Diversas espécies podem ser consideradas daninhas em uma determinada situação e podem ser bastante valorizadas em outra. Geralmente, estes conflitos de interesse tem levado o método biológico a ser praticado em áreas inacessíveis, áreas de baixo valor econômico e em situações críticas em que há falhas dos outros métodos. Devido a estes aspectos, ele tem sido dirigido, predominantemente, ao controle de ervas daninhas perenes em áreas não-cultivadas.

Agentes de biocontrole

Os principais agentes utilizados são:

Bactérias – fungos – vírus – micoplasmas – ácaros – insetos

Nematóides – aves (gansos) – peixes – mamíferos – (ovelhas, cabras)

Moluscos (lesmas ou caracóis)

Até recentemente as ervas foram controladas biologicamente por insetos, porém outros organismos estão sendo investigados como agentes de controle. Embora as viroses sejam conhecidas por sua especificidade em relação aos hospedeiros, o perigo em trabalhar com estes organismos reside em sua habilidade a mutar e atacar novos hospedeiros. Fungos, nematóides e insetos são referidos de apresentar pouca especificidade para atacar raízes de plantas.

Como princípio geral, dever-se-ia combinar diversos agentes de biocontrole mutuamente compatíveis, atacando, preferentemente, diversas partes da planta ou diferentes estágios de seu ciclo.

A fim de ser um agente eficiente de biocontrole, o organismo predador ou parasita, como insetos e ácaros por exemplo, deve apresentar as seguintes características:

- habilidade de matar ou prevenir a reprodução da espécie;
- alta dispersabilidade;
- propensão de localizar a planta hospedeira, ou seja, possuir a capacidade de buscar o ambiente hospedeiro;
- adaptabilidade à planta hospedeira e ao seu ambiente;
- capacidade de reproduzir-se em proporção suficiente para manter o controle do hospedeiro.
- alimentar-se unicamente das espécies daninhas, mesmo morrendo quando estas não estiverem mais disponíveis (embora não haja garantia absoluta de segurança para agricultura, deve-se assegurar que o agente não ira atacar qualquer outra espécie vegetal além daquela para a qual o controle seja desejável);
- estar adaptado ao clima, ou seja, obter agentes de áreas que sejam climaticamente similares aquelas onde serão introduzidos;
- estar livre de seus próprios parasitas e predadores e ser resistentes aquelas encontrados na nova área.

As ervas mais nocivas são aquelas introduzidas, uma vez que elas normalmente estão livres de parasitas e predadores. Neste caso, o controle biológico por inimigos naturais, também introduzidos, apresenta alta probabilidade de sucesso.

Este método de controle foi usado inicialmente apenas porque outros métodos falharam. A razão das limitações de seu uso era o suposto perigo de que, seguindo a introdução, um inseto pudesse trocar seus hábitos de alimentação e passasse a atacar plantas cultivadas. O fato de que nenhum inseto trocou seus hábitos básicos de alimentação e tenha se tornado uma praga, dissipou este receio.

Durante os anos iniciais do controle biológico foram feitas certas generalizações a respeito de tipos preferíveis de insetos a usar no controle de plantas daninhas. Por exemplo, a de que brocas de raízes e de caules e insetos que se alimentassem internamente de frutos e sementes seriam mais seletivo a e preferíveis aos que se alimentassem de folhas. E também de que o controle biológico só deveria ser usado como último recurso, após todos os demais métodos terem falhado, devido ao perigo de introduzir pragas que pudessem não permanecer limitadas á erva daninha específica sob consideração. No entanto, a experiência comprovou que estas generalizações, embora lógicas, não eram realmente verdadeiras.

A experiência provou que insetos que se alimentam em folhas e caules podem ser altamente seletivos, sendo, inclusive, mais eficientes em destruir as plantas do que os insetos mais especializados. Há insetos fitófagos que provaram ser altamente específicos e, inclusive, muito mais efetivos do que insetos brocas. Outro fato, é que os parasitas introduzidos podem viver e ser mais agressivos num novo ambiente do que em seu habitat nativo. Também num novo complexo ambiental, fatores não antecipados entram em jogos seguindo a introdução do parasita e podem atuar em vantagem do processo de controle. Por exemplo, a alimentação da erva pelo parasita durante a primavera e o início do verão pode enfraquecer o sistema radicular profundo da mesma, de modo que ela se torne incapaz de sobreviver durante uma longa estação seca no verão, levando as plantas seriamente parasitadas a morrer simplesmente por incapacidade em extrair umidade no solo. pode também ocorrer o caso de invasão secundária da planta parasitada por fungos e bactérias, organismos estes que provaram ser fator importante na extensão da destruição da espécie daninha.

Quanto aos danos ocasionados pelo agente de controle, eles podem ser de dois tipos:

- Ação Direta: perfuração ou brocamento da planta e enfraquecimento de sua estrutura que a levam ao colapso e /ou consumo de partes vitais da planta;
- Ação Indireta: neutralização da habilidade competitiva da espécie daninha por redução do vigor de seu crescimento e capacidade reprodutiva ou favorecimento de condições para o ataque de patógenos.

Estagio num programa de controle biológico

As seguintes fases compõem um programa de controle;

1. Estudo da taxonomia e ecologia da espécie-alvo, tanto onde seja praga quanto em seu ambiente natural.
2. Exploração dos ambientes naturais da erva e de seus parentes próximos para encontrar possíveis agentes de biocontrole, o estudo de suas taxonomias, comportamento e especificidades de hospedeiros e a seleção dos organismos mais promissores para testes posteriores.
3. importação de agentes potenciais de biocontrole e sua colocação em quarentena, estudos adicionais seleção e solicitação para sua liberação.
4. liberação e estabelecimento dos agentes de controle e campo.

Os insetos caracterizam-se por manter um habito relativamente rígido de especificidade ao hospedeiro; geralmente, não mudam sua dieta. Os insetos também permanecem restritos a uma só espécie ou a espécies relacionadas. A preferência de insetos fitófagos por plantas alimentícias específicas é devida à presença de fagoestimulantes que são

estimulantes alimentares. O fagoestimulante é específico para uma planta e depende do estágio de crescimento de planta, tecido vegetal, estação do ano, hora do dia e condições de clima e solo. Os insetos que atacam sementes de frutos apresentam menor importância no controle de espécies perenes, porém sua importância é grande para o caso das espécies anuais. O modo de ataque do inseto não tem grande importância, tanto alimentação em folhas como insetos-brocas podem destruir uma espécie. A destruição da espécie também independe do número de indivíduos que atacam cada planta.

Foi colocado que o método biológico não seria recomendável quando é exigido erradicação da espécie, pois esta não é completamente alcançada através do biocontrole. O que normalmente acontece é o ataque do inseto à invasora estabelecida, o qual então se multiplica rapidamente a expensas das plantas até que grande parte do crescimento vegetal fique destruído e o suprimento de alimento torna-se limitante para o inseto, o qual, desta forma, decresce em número. Com o número de insetos reduzidos, a erva reassume seu crescimento, seguindo por um aumento correspondente na população do inseto e uma diminuição no número de plantas daninhas.

Várias destas oscilações podem ocorrer, com constantes decréscimos de picos da população da erva daninha até ser alcançado um equilíbrio estável.

Os artrópodes (insetos e ácaros) apresentam mais fácil manipulação em quarentena devido ao seu maior tamanho em relação aos fungos e outros patógenos sua biologia também é melhor entendida. São organismos móveis e seletivos, sendo estimulados a se alimentar e reproduzir sobre a erva-alvo através da combinação de fatores como aroma, sabor e textura da superfície do tecido vegetal. Apresentam, igualmente, capacidade de procurar as concentrações da erva-alvo e a se reproduzir em populações relativamente grandes sobre ela, ignorando outras espécies.

No entanto, os insetos são lentos em se reproduzir e, portanto, estão melhor adaptados como agentes em plantas perenes, ou em anuais com gerações que se sobreponham. Após a introdução de um inseto, as populações da erva e do agente biológico podem flutuar por algum tempo, podendo ser requeridos diversos anos antes de ser atingido o equilíbrio. A ausência da maioria das ervas anuais durante uma parte do ano. Ocasionalmente alta mortalidade dos insetos. A baixa taxa de reprodução previne um rápido crescimento da população do agente, este fato, por sua vez, previne a devastação da erva antes mesmo dela ocasionar dano novamente à atividade econômica. Alguns insetos, por outro lado, são muito específicos, atacando apenas algumas variedades da espécie daninha ou então as atacando apenas sob condições ecológicas favoráveis, permitindo seu crescimento sob condições menos favoráveis ao inseto. Já os ácaros tendem a reproduzir - se de forma mais rápida do que os insetos, porém se espalham ou disseminam mais lentamente.

Como exemplo clássicos de controle biológico por insetos podem ser citados os seguintes: a erva cambara (lantana camara) que foi introduzida como planta ornamental no Havá e se tornou uma praga séria em pastagens que foi controlada eficientemente por três lepidópteros e um díptero introduzidos do México. Da mesma forma, há o caso da espécie ipérico (*hypericum perforatum*) que, introduzida nos EUA e Austrália a partir da Europa, tornou-se importante praga, tendo sido controlada por espécies de insetos dos gêneros *chrysolina* e *agrilus*.

No entanto, o exemplo mais célebre relaciona-se ao gênero opuntia, plantas conhecidas comumente como figos-da-india. Sete espécies foram introduzidas na Austrália como plantas ornamentais e para cercas-vivas tendo-se tornado pragas de extraordinária importância que infestaram uma área de 25 milhões de hectares e com um aumento anual de 400 mil hectares. As pesquisas sobre o controle biológico desta praga introduziram muitas espécies de insetos com bons resultados, porém o melhor inimigo constituiu-se da mariposa Cactoblastis cactorum, introduzida da Argentina que, após 10 anos de ação, reduziu a infestação entre 75 e 95%.

Com relação aos vertebrados, os peixes representam o principal agente de controle de plantas aquáticas. Os peixes como predadores, podem apresentar três tipos de ações:

1. **Corte** – neste caso, eles se alimentam de porções selecionadas das plantas, como ocorre com espécies de Tilápias (*Tilapia mossambica*, *T. nilotica* e *T. zilli*) que são utilizadas no controle de algas (*Chara* e *Nitella*) e de ervas (*Najas*).
2. **Turvação** –(revolvimento) – este processo se caracteriza pela ação de peixes que agitam e revolvem o fundo da massa líquida, reduzindo a incidência de luz e, conseqüentemente, o crescimento vegetal além de também arrancarem ou dilacerarem as plantas. Assim, neste caso, pode ser utilizada a carpa-comum (*Cyprinus carpio*) que é um peixe não-herbívoro que se alimenta na lama do fundo, desenterrando plantas e quebrando hastes na procura de alimento. Na Hungria este peixe é utilizado para controlar ervas em arroz; nos EUA é empregado para controlar ervas em canais de irrigação e drenagem.
3. **Pastejo** – quando o agente se alimenta de toda a planta. Como ocorre com *Ctenopharyngodon idella*, comumente conhecido por carpa capim, das gramíneas ou chinesas. É um peixe membro da família das carpas (Cyprinidae), nativo da Ásia Oriental, região da China, Manchúria e Sibéria (23 a 50° latitude norte). Embora nativo de regiões frias, ele também apresenta possibilidades de prosperar em águas quentes. Sua atividade vital, no entanto é reduzida em águas com temperaturas abaixo de 15°C ou acima de 30°C. É um peixe de duplo propósito, pois além do controle de plantas aquáticas. Serve como fonte de proteínas. Trata-se de um peixe quase exclusivamente herbívoro, sendo que o adulto se alimenta em cerca de 35 ou mais espécies de plantas aquáticas. É uma espécie que não sofre competição de outros peixes e apresenta potencial como peixe para pescar (esporte) e para alimento.

O consumo diário de plantas aquáticas por esta espécie pode exceder o peso corpóreo do peixe; assim o consumo de erva palatável pode equivaler até 145% do seu peso, mas comumente fica em torno de 30 a 100%. Já para peixes jovens o consumo diário pode alcançar até 10 vezes o peso corpóreo, mas este consumo diminui proporcionalmente com o aumento do seu tamanho. Alimentam-se na superfície e também em águas rasas. Indivíduos com peso menor de 500g alimentam-se apenas de raízes de aguapé e espécies similares.

Já peixes de maior tamanho alimentam-se tanto de folhas como de raízes. As fêmeas se desenvolvem mais rapidamente do que os machos, sendo a taxa de crescimento anual pode alcançar 4 a 5 kg, podendo chegar a um peso de 45 kg quando adultos. O tempo requerido para o controle de vegetação aquática depende das espécies presentes e do tamanho e número de peixes: por exemplo em três reservatórios d'água apresentando entre 12 e 15 há de superfície, o controle por uma população de 50 peixes/há levou 2 anos, já em açude e sistema de canais perfazendo 75 há, com uma densidade de 25 peixes/há, necessitou de uma só estação para ser alcançado controle das ervas.

De um modo geral, estes peixes geralmente são herbívoros pastejando a maioria da vegetação submersa, independente das espécies, mas apresentando preferência se concedida escolha. Apresentam pouco perigo real devido à falta de cultura aquáticas, além do arroz. Os peixes herbívoros geralmente vivem em harmonia com outras espécies para pesca, aumentando inclusive a produção destes por liberar o ambiente superpovoado com plantas aquáticas.

Outros organismos do biocontrole

Freqüentemente, gansos são usados para controle de ervas nas culturas de algodão e menta, entre outras; estas aves preferem plantas gramíneas jovens.

Outro agente é o peixe-boi (*Trichechus manatus*) que é originário da região do caribe e África oriental. É um mamífero de água doce, estritamente herbívoro, alimentando-se de plantas flutuantes e submersas ancoradas, seu consumo aproximado é de 1 kg de vegetação/kg de peso corpóreo. Quando adulto, pode atingir de 3,6 a 4,8m e pesar até 900 kg. É utilizável para controle de plantas aquáticas em canais, lagos e

reservatórios, como ocorre na guiana. Constitui-se em fonte potencial de carne de elevada qualidade, podendo também ser aproveitado o seu couro.

Outro exemplo é um caramujo tropical de água-doce, nativo da Colômbia e Venezuela, Marisa cornuarietes, que se alimenta de ervas submersas. Este caramujo prefere especialmente plantas submersas espécies flutuante ou emersas, exceto a espécie flutuante Salvinia rotundifolia. Apresenta como desvantagem, alimentar-se em plantas de arroz com menos de 4-5 semanas de idade, bem como em agrião, e de não sobreviver sob temperaturas abaixo de 10°C.

A pesquisa sobre a produção de fitotoxinas seletivas (alelopatia) pelas plantas tem sido usada com certo sucesso e ultimamente tem sido incrementada como um meio de controlar a vegetação indesejada.

Algumas bactérias que ocasionam putrefação e secamento são referidas em atacar Opuntia segundo a invasão pelo Cactolastis cactrum, auxiliando, deste modo, na destruição do cacto. Fungos também estão sendo testados atualmente.

Vírus e micoplasmas ainda não são utilizados, embora no futuro micoplasmas e nematóides possam apresentar possibilidades.

Com relação aos patógenos, estes organismos apresentam ciclo de vida muito curto, com mais rápido crescimento populacional, maior fecundidade e mais mobilidade em comparação aos insetos e ácaros. Sua principal desvantagem constitui-se na dificuldade em contê-los durante os testes em quarentena antes da liberação.

Alguns patógenos apresentam faixa muito ampla de hospedeiros, ocorrem em inúmeras raças distintas, algumas atacando culturas, enquanto outras são suficientemente específicas e estáveis para serem utilizadas no futuro. Fungos e bactérias são particularmente adequados para controle biológico de ervas aquáticas devido ao ambiente mais úmido e estável em que encontram. Os patógenos, ao contrário dos insetos, podem ser usados para obtenção de rápida destruição das infestações existentes quando aplicados como suspensão de esporos.

O fungo causador de antracnose, Colletotrichum gloeosporioides f.sp. Aeschynomene, tem sido utilizado nos EUA para controle da erva Aeschynomene virginica em lavouras de soja e arroz, alcançando grau de controle de 95 a 100% pela aspersão de uma suspensão de esporos. O produto comercial (“collego”) existe desde 1982. Este micoherbicida também controla Aeschynomene indica. Ele é formulado como um pó seco contendo 15% de esporos do fungo e deve ser reidratado e suspenso em meio açucarado para então ser diluído em água e aspergido sobre as plantas de preferência ao entardecer.

O fungo de solo Phytophthora palmivora, no entanto foi o primeiro micoherbicida registrado sob o nome comercial “de vine” em 1981 para controle de Morrenia odorata, um cipó que infesta os pomares de citrus na florida. Foi constatado que pomares tratados em 1978/80 alcançaram grau de controle entre 95 a 100% através de um único tratamento, controle que persistiu por muitos anos. Outro exemplo é o controle da erva conhecida por fedegoso (Cassia obtusifolia), com aplicação de suspensão de esporos de Alternaria cassiae, bioherbicida com nome comercial de “casst” .

Um candidato a bioherbicida deve apresentar uma abundante habilidade de produção de esporos em cultura, alta especificidade, a capacidade de controle sob amplas condições ambientais. Prevê-se que as principais aplicações de fungos seriam no controle de espécies que estejam distribuídas em amplas áreas e que não sejam controladas com sucesso por herbicidas ou devido ao seu alto custo. Também poderiam ser destinados principalmente para espécies de ervas tropicais de difícil controle e ampla distribuição como Sorghum halepense, Cyperus rotundus e Echinochloa crusgalli.

Existem alguns problemas sérios em relação aos micoherbicidas. Em geral, a morte das ervas ocorre apenas dentro de algumas semanas. A validade destes produtos é relativamente curta, variando para alguns em 6 semanas, outros 6 meses, enquanto poucos perduram mais de 1 ou 2 anos e geralmente exigem armazenamento sob refrigeração. As formulações necessitam do uso de umectantes, ou aplicações através de

emulsões invertidas para se aderirem e se manterem úmidas sobre a folhagem das ervas e resistirem condições ambientes desfavoráveis. Por exemplo, o produto “biomal” destinado ao controle de uma espécie malvácea, reduziu seu controle de 90% para tão somente 13% quando as condições predominantes durante a aplicação foram de clima seco e ventoso.

Por outro lado, em varias situações é necessária a integração de microherbicidas com quimioherbicidas a fim de ampliar o espectro de ervas a controlar ou aumentar o grau de controle sobre certas espécies. Já o uso de certos fungicidas sobre a cultura pode requerer um intervalo mínimo de 2 a 3 semanas da aplicação do bioherbicida, o que pode representar seria restrição ao seu uso.

Vantagens e desvantagens do biocontrole por insetos

As principais vantagens do método são:

- È de baixo custo, tanto em investimento inicial quanto nas aplicações subsequentes (um programa de controle biologicoleva em média 10 anos para ser desenvolvidoa um custo estimado de 500 mildolares):
- e permanente, não necessitando aplicação a cada estação;
- apresenta simplicidade de implementação, uma vez introduzido o agente, ele se programará e se disseminará naturalmente:
- é seguro, não poluindo o ambiente, nem deixando resíduos no solo, como pode ocorrer com produtos químicos;
- mostra eficiência em locais inacessíveis e outros métodos.

Como desvantagens citam-se:

- apresenta dificuldades de uso em áreas específicas ou restritas;
- não pode ser usado quando exige erradicação da espécie;
- com frequência, devido à lentidão de ações, é de difícil emprego em culturas de ciclo curto devido ao período crítico de competição requerer rápido controle;
- devido à alta especificidade, representa sempre um método de alta seletividade, aplicando-se apenas a uma espécie daninha ou no máximo a um grupo de espécies que apresentam grande afinidade sistemática.

METODOS CULTURAIS

Manejo do ambiente

O controle cultural de plantas daninhas, também chamado de ecológico, consiste em utilizar qualquer condição ambiental ou procedimento que promova o crescimento da cultura, tendendo a diminuir os efeitos danosos das ervas. Mais precisamente, o método consiste em utilizar as características ecológicas das culturas e das plantas daninhas, de modo que as primeiras levem vantagem na competição com as segundas. Em ultima análise, este método de controle utiliza a lei de sobrevivência do organismo mais apto. Assim, este método está baseado em dois princípios gerais:

- As primeiras plantas que ocupam uma área tendem a excluir todas as demais;
- A espécie que esta melhor adaptada ao ambiente tornar-se –á dominante ao final.

Acompetição entre plantas pode sr definida como uma força natural pela qual as plantas cuitivadas e as daninhas tendem a atingir um crescimento e uma produção combinados máximos, com o desenvolvimento de cada espécie sendo, até certo ponto, ás expensas de outra.

Juntamente com as plantas cultivadas, aquelas espécies daninhas que são favorecidas pelas praticas culturais utilizadas são as que melhor se estabelecem.

Conseqüentemente, estas plantas não têm o seu ciclo interrompido e, assim, persistirão como infestações permanente. Por outro lado, se as plantas de cultura são vigorosas e ocupam rapidamente o solo as ervas são excluídas ou atrasadas no seu crescimento. Desta forma, as praticas utilizadas devem favorecer as plantas cultivadas de forma que elas ocupem o solo antes do que as plantas daninha. As ervas que aparecem após a cultura estar bem estabelecida não possuem habilidades competitiva muito elevada.

Em conclusão, o controle cultural ou ecológico de plantas daninhas compreende modificações no ambiente, de forma que ele se torne mais adequado para as culturas do que para as espécies indesejáveis.

Papel da competição entre plantas

Geralmente ocorre competição mais severa entre plantas cultivadas e plantas daninhas quanto mais semelhantes forem os indivíduos em hábitos vegetativos, métodos de reprodução e demanda sobre fatores ambientes. Assim, a competição tende a ser maior entre plantas que apresentam características vegetativas semelhantes e demanda similar pelos fatores de solo (água e nutrientes) e exigências climáticas.

Desta forma, presume-se que ervas gramíneas copitam muito com cereais porque estes tendem a apresentar sistema radicular semelhante quanto á profundidade extensão; do mesmo modo, ervas dicotiledôneas também competem bastante com culturas da mesma classe. Embora ervas folhas largas comumente decresçam muito os rendimentos de cultura folhas largas, enquanto gramíneas ofereçam problemas acentuados a cultivos de cereais, este fato não significa que ervas folhas largas não sejam importantes em cultivos de gramíneas e vice-versa.

Como regras gerais da competição entre plantas pode-se referir:

1. As ervas competem por água, nutrientes, espaço de luz, podendo também liberar toxinas no solo que inibem o crescimento da cultura;
2. A competição é mais severa quando as plantas são jovens, isto é durante as primeiras 6 a 8 semanas após a emergência;
3. Muitas vezes, uma infestação densa;
4. Ervas com hábito de crescimento similar ao da cultura, geralmente são mais serias competidoras do que aquelas que apresentam hábitos de crescimento diferentes.

Manejo do ambiente utilizando diferenças entre plantas

Desde que o homem sentiu a necessidade de favorecer determinada espécie que lhe era vantajosa, dispensando-lhe maiores cuidados, ele começou a utilizar diferenças visíveis para conseguir tal objetivo. Desta forma primitivamente, o homem já fazia diferença nas aparências entre as plantas cultivadas e daninhas, beneficiando as primeiras e removendo as outras. As diferenças na aparência foram então sendo utilizadas pelo homem desde as primeiras civilizações e continuam sendo empregadas até hoje na separação entre espécies daninhas e cultivadas.

As principais diferenças utilizadas para a separação das plantas cultivadas e daninhas são: ciclo de vida. Hábito específico de crescimento, variações morfológicas e fisiológicas das plantas e influencias do ambiente que afetam diferentemente espécies daninhas e cultivadas.

Principais fatores na competição entre plantas

Os principais fatores ambientes que intervém na competição entre as plantas são água, luz e nutrientes. A competição tem início quando o suprimento de um destes fatores cai abaixo das necessidades de ambas.

1. Competição pela água

As plantas daninhas consomem uma grande quantidade de água, a qual poderia ser utilizada em melhor proveito pelas plantas cultivadas. Sob condições de campo, a quantidade de água requerida por espécies daninhas diversas varia de 330 a 1900 gramas para formar 1 grama de massa seca.

Características importantes para que uma espécie apresente alta competição por água são a extensão do sistema radicular e o volume de solo ocupado pelo mesmo, e controle da transpiração e eficiência de utilização da água. O consumo de água pelas plantas daninhas é muito grande quando comparado com a matéria orgânica produzida. Esta comparação pode ser causada pelas seguintes relações:

- coeficiente de transpiração

(entre 225 e 660) = água absorvida / matéria seca produzida

- eficiência de transpiração

(entre 1,5 e 4,5) = matéria seca produzida / água consumida

A unidade exerce grande influência sobre o tipo de planta presente numa determinada área, bem como sobre a competitividade da mesma. Certas espécies, como milho, sorgo, *Echinochloa* e *Digitaria* apresentam, grandes respostas de crescimento a umidade ótima. No entanto, são espécies que sofrem os efeitos da competição em situações de deficiência hídrica, competindo pouco com espécies mais adaptadas a estas situações.

Adequar a densidade de semeadura à umidade do solo é uma prática importante, no sentido de minimizar problemas de competição intra e interespecíficas por água teoricamente, quanto menor for a disponibilidade hídrica, igualmente menor deveriam ser as densidades de semeadura.

A competição por água geralmente diminui o crescimento da planta. A água, em níveis insuficientes, limita o crescimento das raízes e brotações, reduzindo, por conseguinte, a absorção de nutrientes e, respectivamente, a produção de carboidratos. A deficiência de nutrientes e carbo-hidratos, por sua vez, promove a redução do crescimento radicular, reduzindo assim a habilidade das culturas em buscar e atualizar suprimentos de água em locais mais afastados. A deficiência de água durante o estágio vegetativo acelera a maturação sexual em muitas culturas, em quando uma pequena deficiência hídrica durante e após o florescimento pode levar ao aborto de flores e sementes e à queda de frutos jovens.

A capacidade das plantas para competir com sucesso por água depende da taxa de eficiência com a qual elas utilizam o suprimento de água do solo, uma característica relacionada aos atributos genéticos dentro de um ambiente determinado. Estes atributos genéticos referem-se à taxa de crescimento, à correspondente precocidade de demanda por água e à taxa de extensão radicular.

2. Competição por nutrientes

Em geral, é bastante difícil separar a competição por água da competição por luz ou nutrientes devido a grande interação existente entre estes fatores sob condições de campo. Geralmente, a capacidade de absorção de nutrientes é maior nas plantas daninhas do que nas plantas cultivadas, o que provoca uma intensa competição. Desta forma, quando as plantas cultivadas competem com as daninha, elas absorvem menores quantidades de nutrientes do que quando crescem livres de competição. Isto acarreta, em consequência, uma diminuição mais ou menos considerável no rendimento.

As plantas daninhas usualmente absorvem os nutrientes com mais rapidez e em quantidades relativamente maiores do que as culturas e, por esta razão, obtêm maior

benefício da adubação. As espécies daninhas variam em relação aos nutrientes mais absorvidos, o que pode provocar diferentes deficiências nas culturas, sendo a ação dos micronutrientes também muito importantes. Algumas pessoas apresentam uma ideia equivocada quanto à possibilidade de a adubação superar o problema da competição. Segundo elas, adubações pesadas solucionariam o problema da competição por nutrientes. Isto, no entanto, não é alcançado, na medida em que, se realizada apenas a adubação, estará sendo incrementado tanto o crescimento da cultura quanto o das ervas, estimulando, desta forma, a própria competição. De fato, a adubação até pode estimular o crescimento das plantas daninhas de forma que, inclusive, aumente o dano à cultura. Por isso, o controle de plantas daninhas não pode ser feito pela adubação e o máximo benefício dela só poderá ser alcançado para culturas relativamente livres de plantas daninhas.

A proposição de que as reduções de rendimento aumentam sob altas populações com elevada adubação ainda é um ponto de divergência. No entanto, rendimentos de arroz em uma variedade de porte baixo foram menores em áreas com elevada fertilidade do solo quando comparados aos rendimentos de uma área de fertilidade do solo quando comparados aos rendimentos de uma área de fertilidade regular, enquanto que se verificou o oposto para uma variedade de estatura mais elevada quando, em ambos os casos, não foi realizado o controle de plantas daninhas.

Pelo fato de ser um elemento bastante absorvido e facilmente lixiviável, o nitrogênio é o primeiro elemento a se tornar limitante na competição entre ervas daninhas e plantas cultivadas.

Da mesma forma do que para água, a densidade de semeadura de uma cultura deve ser adequada à fertilidade da área. De uma maneira geral, quanto menor fosse a fertilidade da área, tanto menores deveriam ser as densidades de semeadura empregadas. Outros fatores também são importantes e podem interagir neste problema como, por exemplo, a luz.

3. Competição pela luz

As plantas necessitam de radiação solar para efetuar a fotossíntese e, desta forma, crescer e se desenvolver. Isto ocorrerá quando a radiação incidente for superior ao ponto de compensação, ou seja, a fotossíntese sobrepujar a respiração. No controle de plantas daninhas através da competição pela luz visa-se sombreá-las com a cultura, observando-se um retardamento do seu crescimento ou até mesmo a sua morte. A germinação de sementes de diversas espécies daninhas também é inibida, pois a cultura intercepta a radiação no comprimento de onda do vermelho, faixa que estimula a germinação de muitas sementes. E que não atingirá o solo.

O maior efeito da competição por luz é a redução da atividade fotossintética que traz, como consequência, em primeira instância, uma sensível diminuição na produção de carbo-hidratos.

O poder de interceptação da luz é um importante fator de agressividade e costuma variar com a época do ano, em função da periodicidade das espécies, dando, portanto, grande significado no controle de plantas daninhas. Assim, a cana-de-açúcar, por exemplo, está sujeita à agressão de espécies daninhas nos estádios iniciais; posteriormente, cresce o suficiente para sombrear o solo, passando a controlar por si própria a maioria das espécies daninhas.

Culturas semeadas de forma densa e que apresentam porte adequado, tais como milho algodão e soja, concorrem com sucesso por luz com plantas daninhas de menor porte, principalmente aquelas que emergem depois que a cultura estiver completamente estabelecida.

Quando as plantas daninhas são controladas durante o início do estabelecimento de uma destas culturas, o sombreamento produzido pelas plantas cultivadas previne ou reduz a competição destas espécies durante o restante do ciclo da cultura. Portanto, a habilidade competitiva de uma cultura depende do seu vior, altura,

rapidez de desenvolvimento nos estádios iniciais, quantidade e disposição de folhas, densidade de semeadura e arranjo das plantas.

4. Exudatos tóxicos

Este sistema de competição, como impropriamente é chamado, na verdade é uma interferência de uma espécie sobre outra através do fenômeno denominado alelopatia ou teletoxicidade. Certas plantas podem influir sobre outras através de interações que ocorrem quando estas espécies secretam substâncias inibidoras ou estimuladoras que podem ser absorvidas do meio por espécies sensíveis. Em geral, estas substâncias inibem a germinação e/ou o crescimento de uma determinada espécie.

A liberação de exudatos tóxicos pode ocorrer a partir da planta viva ou dos restos culturais em decomposição. Tais substâncias podem causar crescimento anormal das plântulas, redução da elongação e desorganização das células das raízes, além de outros efeitos.

O órgão produtor da toxina pode tanto ser folhas, caules e raízes, assim como frutos ou sementes. Os inibidores, além de afetar a germinação ou o crescimento de uma espécie, podem, em certos casos, exercer efeito sobre indivíduos da mesma espécie. Por outro lado, já há evidência de que algumas das mais agressivas espécies daninhas perenes podem inibir o crescimento de espécies cultivadas através da liberação de substâncias fitotóxicas a partir de seus resíduos vegetais no solo.

Como exemplo de alelopatia podem ser citados: *Digitaria Sanguinalis*, produz exudatos radiculares que inibem a germinação e o crescimento de plântulas de várias espécies daninhas, de girassol, de milho e da própria milha. A aveia inibe o desenvolvimento de *Sinapis arvensis*. O linho contém o glucosídeo Cianogênico linamarina, substância esta que, através da decomposição, libera ácido cianídrico. O Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) inibe a tiririca (*Cyperus* sp.).

Também o girassol apresenta inibidores, sendo que experimentos realizados visando investigar sua alelopatia, mostraram que o efeito alelopático foi inconscientemente aumentado pelo melhoramento e que o uso de culturas que liberam substâncias tóxicas pode, inclusive, diminuir a necessidade de utilização de herbicidas. Pode até haver a possibilidade da utilização de resíduos de uma espécie como fonte de obtenção de novos herbicidas.

Efeitos da competição sobre o crescimento da cultura

Através da competição por fatores do ambiente, as espécies daninhas podem causar danos severos às plantas cultivadas. Os efeitos da competição podem ocorrer em duas fases: na fase vegetativa do desenvolvimento da cultura este efeito é particularmente severo em relação ao rendimento. Comumente, nas primeiras 4 a 8 semanas após a emergência das plantas da cultura é que este período é especialmente crítico á competição, ocorrendo nesta fase uma significativa perda quantitativa. O conhecimento sobre o período crítico de competição para cada espécie e/ou cultivar é da maior importância para determinar a época conveniente de execução das práticas de controle das ervas. Já quando a presença das ervas ocorrer durante a fase reprodutiva da cultura. Os maiores danos decorrem da perda de qualidade do produto colhido. Geralmente, a competição inicial reduz o rendimento de forma muito mais acentuada do que a competição que ocorre ao final do ciclo. Por outro lado, o crescimento tardio de ervas daninhas não reduz serialmente o rendimento mas torna a colheita difícil, reduz a qualidade do produto, reinfesta a área com sementes e hospeda insetos e moléstias durante a estação seguinte.

No caso da soja, além dos efeitos prejudiciais citados, também são referidos ocorrer redução da estatura das plantas, aumento do acamamento e atraso na maturação (retenção foliar).

Habilidade competitiva de diferentes espécies

As espécies capazes de exercer uma cobertura do solo mais eficiente e num menor tempo e que também apresentem um rápido desenvolvimento do sistema radicular, tanto superficial como profundo, caracterizam-se por serem mais competitivas.

As plantas, de um modo geral, diferem em sua habilidade competitiva. As características que capacitam uma espécie a competir com sucesso são: elevadas germinação sob condições adversas e rápido desenvolvimento, tanto da folhagem no estágio de plântula, como de um extenso sistema radicular.

As principais espécies cultivadas, referidas como de elevada habilidade competitiva são, dentre as gramíneas, centeio, cevada, milheto, milho (para silagem) e sorgo; de ter as espécies dicotiledôneas, alfafa, feijão-miúdo, girassol e soja. A alfafa, por exemplo, é referida como espécie de elevada habilidade competitiva devido ao seu extenso sistema radicular, por apresentar crescimento denso da parte aérea, os cortes repetidos também removem as partes aéreas das ervas antes da maturação das suas sementes e também porque se recupera rapidamente após cada corte.

Utilização de práticas culturais

A) Manipulação do solo

1. Trabalhos de preparação do solo

As práticas de trabalho de preparo do solo, relativamente a sua frequência, época e profundidade, podem influir no estabelecimento de plantas daninhas. Desta forma, se uma espécie perene não regenera abaixo de 30 cm e outra espécie consegue regenerar de uma maior profundidade, lavrando o solo mais profundamente favorecerá esta segunda espécie sobre a primeira. Além disso, a época de preparo do solo com relação à periodicidade de germinação das ervas, além da profundidade já referida para estes trabalhos, são fatores importantes que devem ser levados em consideração.

Cumprir lembrar que as principais funções dos trabalhos de preparo do solo são:

- Controlar ervas daninhas;
- Criar ambiente propício à semadura e germinação da cultura;
- Incorporar adubos e resíduos de culturas ao solo;
- Preparar a terra para receber chuvas ou aplicações de irrigação;
- Controlar moléstias e pragas;
- Manter adequada estrutura do solo

Contudo, o principal benefício do preparo do solo é a remoção da competição de ervas daninhas.

O preparo convencional do solo para utilização de qualquer cultura visa fornecer melhores condições às sementes que, posteriormente, serão semeadas e também controlar plantas daninhas. Um programa de operações de preparo do solo inclui arações e gradagens em número suficiente para permitir o controle da maior quantidade de plantas daninhas, além de deixar o solo apto para receber as sementes da cultura. Desta forma, as operações de preparo do solo deverão ser iniciadas o mais cedo possível, com arações, gradagem e, se possível, até irrigações para proporcionar um ambiente favorável à germinação de um maior número de sementes de ervas daninhas. Assim estas plântulas serão, posteriormente, controladas através de gradagens até que chegue o momento oportuno para a semeadura.

2. Relação solo x água

A água é um fator benéfico tanto para o crescimento das culturas quanto das ervas. Desta forma, para melhor controle deste fator, no sentido de beneficiar a

cultura, deve-se realizar adequados nivelamento e drenagem do terreno, evitando que plantas hidrófitas possam se instalar e infestar parte da área onde a drenagem for insuficiente. Já espécies xerófitas de ervas costumam se estabelecer em pontos altos da lavoura, onde costuma haver água insuficiente para suportar uma população vigorosa da cultura.

Neste aspecto, devem ser bem consideradas as relações de água que são críticas ao crescimento das plantas como a quantidade de precipitações durante a estação de crescimento e a sua distribuição no tempo, da mesma forma que devem ser considerados o tipo de solo, sua textura e a altura do lençol freático.

3. Fertilidade do solo

Um solo fértil estimula tanto o crescimento das plantas cultivadas quanto das daninhas. Se contudo, as ervas forem destruídas inicialmente, as plantas cultivadas poderão manter-se numa posição competitivamente vantajosa se o solo estiver bem suprido com nutrientes.

Uma abundância de nitrogênio estimula o crescimento vegetativo, aumentando o sombreamento produzido pela cultura, o que tende a suprimir as ervas daninhas.

A fertilidade do solo afeta a ambos, tanto o vigor das plantas cultivadas quanto o das ervas daninhas pode ser aumentado. Muitas espécies daninhas inclusive podem utilizar os adubos tanto, ou melhor, do que plantas cultivadas. Entretanto, se a maioria das ervas puder ser controlada por algum outro meio, o vigor extra que os nutrientes conferem às plantas cultivadas as torna melhores competidoras.

A localização do adubo diretamente no sulco ou fileira parece apresentar vantagem sobre a adubação a lanço porque torna o nutriente diretamente disponível para a cultura.

4. Reação do solo

Certas espécies toleram solos ácidos, enquanto outras estão adaptadas aos solos alcalinos. Algumas espécies, entretanto, vegetam bem em solos ácidos devido à falta ou falha de outras espécies em competir com elas. Por conseguinte, a neutralização de solos ácidos pela calagem e/ou aplicação de adubos alcalinos pode favorecer a supressão do crescimento destas ervas, beneficiando, assim a planta cultivada. No entanto, a correção do solo talvez apresente pequenos efeitos na supressão de ervas daninhas visto que a redução em espécies tolerantes à acidez pode ser neutralizada por um maior crescimento de espécies tolerantes a ambientes mais alcalino.

b) Manipulação do suprimento de água

Tanto a irrigação quanto a drenagem podem ser usadas como práticas visando controlar ervas daninhas ou torná-las mais suscetíveis a outras medidas de controle.

A irrigação pode beneficiar as culturas mas também as ervas daninhas que, em geral, tornam-se problemas mais sérios onde as culturas são irrigadas, a irrigação pode auxiliar no controle químico das ervas ativando os herbicidas de solo que exigem umidade por ocasião de sua aplicação para alcançar eficiência.

Além disso, a irrigação pode ser usada para promover germinação de sementes de ervas existentes no solo, tanto antes da semeadura quanto após a colheita das culturas, cujas plântulas serão então destruídas por operações de trabalho do solo. De outra forma, também podem ser usadas para produzir brotações em ervas perenes que podem ser destruídas da mesma maneira.

A drenagem, por sua vez é um método útil de controle das espécies aquáticas. Em geral, o ponto apical de crescimento das espécies aquáticas é morto muito

rapidamente por exposição ao ar seco, enquanto seus sistemas radiculares são incapazes de tolerar a falta de água.

A inundação, por sua vez, é um eficiente método de controle de muitas espécies daninhas na cultura do arroz irrigado. Para que a inundação provoque a morte destas plantas e, inclusive, de partes reprodutivas subterrâneas de perenes, a lâmina de água a ser mantida sobre o solo deverá ser suficiente espessa, pois o método controla estas plantas por “asfixia”, ou seja, por exclusão de oxigênio. No entanto, existem espécies, como *echunochlos spp.*, entre outras, que não são facilmente controladas através deste método. No caso do aparecimento de ervas aquáticas, deve-se, então, diminuir o nível da água para obter seu controle.

c) Práticas culturais

1. Adaptação da cultivar

Deve-se escolher para semear uma variedade ou cultivar adaptada às condições de clima e solo da região e que seja, ao mesmo tempo, resistente ao ataque de moléstias e pragas. Plantas atacadas geralmente perdem suas folhas mais cedo e tem o seu poder de sobreamento reduzido, ficando desta forma, também reduzida a sua habilidade em suprimir o crescimento das plantas daninhas.

Os melhoristas de plantas tem desenvolvido cultivares que estão bem adaptadas a região específicas, sendo importante selecionar aquela cultivar melhor adaptada e de crescimento mais vigoroso.

Contudo, o homem tem selecionado as culturas principalmente quanto ao tamanho de frutos, sementes, bulbos, tubérculos, etc. esta mutação para o gigantismo nem sempre esteve associada com vigor e resistência destas cultivares a doenças e pragas ou habilidade em competir com ervas. Assim, muitas das nossas culturas atualmente não apresentam habilidade competitiva. Já as cultivares adaptadas a áreas de agricultura mais primitivas caracterizam-se por rápido crescimento inicial, o que as permite competir eficientemente com ervas. Comumente, estas cultivares apresentam baixo rendimento e não respondem eficientemente á aplicação de adubos; no entanto, atingem crescimento elevado e fixam-se rapidamente. O ambiente agrícola infestado de ervas tem forçado muitos agricultores a utilizar cultivares mais competitivas, mesmo sabendo das limitações de seus rendimentos.

A introdução de cultivares que alcançam altos rendimentos mas que são pouco competitivas apresentam pouco ou nenhum valor, a menor que as ervas possam ser controladas. Muitas das novas cultivares são de porte baixo, não competindo bem como as plantas daninhas, especialmente com aquelas de porte mais elevado. Consequentemente, o controle das ervas é prática essencial nestas cultivares quando se objetiva alcançar o pleno potencial de rendimento.

2. Época e densidade de semeadura

Tanto época quanto densidade de semeadura afetam o vigor das plantas cultivadas. Estas devem estar tão à frente quanto possível nos seus estágios iniciais de crescimento para competir com sucesso com as ervas daninhas. Geralmente quanto mais a densidade de semeadura, maior a população originada e, conseqüentemente, mais aguda a competição que as culturas exercem sobre as ervas. Por outro lado, a quantidade de sementes influencia na população da cultura, determinando a quantidade de sombra e a competição que esta poderá prover.

De outro modo, se a semeadura puder ser realizada cedo, de forma que a cultura germine antes das ervas, isto propiciará vantagem da cultura na competição. Inversamente, se a época de semeadura puder ser atrasada até que a maioria das ervas tenha germinado, estas podem, então, ser controladas antes da semeadura da cultura.

3. Espaçamento e população de plantas

Culturas estabelecidas mais densamente proporcionam melhor supressão das plantas daninhas, ao passo que populações menores favorecem o seu aparecimento. A população de plantas depende da densidade de semeadura e da distância entre fileiras. Para uma mesma densidade de semeadura, espaçamentos menores proporcionam maiores populações e também melhor controle das plantas daninhas, pois o fechamento das entre-linhas é mais rápido. Nos espaçamentos maiores haverá mais espaço para o estabelecimento das plantas daninhas.

O adensamento das populações não deve ser levado a extremos, pois a partir de determinado nível iniciar-se-á a competição intra-específica que levará a um menor rendimento.

4. Rotação de culturas

Rotação é a sucessão contínua de culturas diversas na exploração agrícola em uma mesma área. Esta prática visa alternar espécies de comportamento, hábitos de crescimento e exigências ecológicas específicos e que, portanto, requeiram tratamentos diferentes para o controle das ervas e de exigências diferentes quantos às práticas culturais a adotar .

O controle de ervas é uma das principais razões em se praticar rotação cultural. Seguramente podem ser esperando sérios problemas como ervas daninhas se o sistema de monocultivo for seguido ao longo do tempo. A rotação de culturas assegura uma interrupção na associação cultura x ervas daninha, pois ela torna possível uma variação nos tipos de implementos agrícolas usados, nos trabalhos de preparo do solo e na época do ano em que a área estará densamente coberta com crescimento vegetal. Permite também alternar culturas em linha e a lanço, irrigadas e de sequeiro, famílias e tipos de plantas diferentes, especialmente quanto ao porte e ao tipo do sistema radicular. Outro aspecto bastante salutar é que a rotação cultural permite diferentemente do monocultivo, uma rotação eficiente de herbicidas.

Além do aspecto de controle de ervas, a rotação melhora as condições do solo e também atua no controle de pragas e moléstias, além de outros aspectos positivos.

5. Consorciação de culturas

A consorciação de culturas promove melhor uso dos recursos naturais existentes no ambiente e também dá cobertura e proteção ao solo. Consequentemente, é uma prática recomendada para diminuir a área acessível às plantas daninhas. É um método utilizado em grande escala em forrageiras. Tal como numa floresta, a exemplo do que se observa na vegetação natural que apresenta vários estratos, a consorciação de culturas, utilizando espécies de estatura e hábito de crescimento diferente, constitui-se em uma prática que aproveita mais eficientemente os recursos do meio, impedindo o aparecimento de infestações de ervas daninhas ou suprimindo-as adequadamente.

6. Culturas companheiras ou protetoras

São usadas algumas vezes para prevenir o crescimento de plantas daninhas. São utilizadas espécies que possam ser facilmente controladas com produtos químicos, ou então, espécies anuais introduzidas em culturas perenes. a cultura protetora restringe o surgimento de plantas daninhas. Azevém anual, por exemplo, tem sido muito utilizado em pomares de espécies frutíferas porque ele não apresenta acentuado problema no controle, desde que se previna a produção de sementes.

Qualquer cultivo que esteja bem adaptado às condições do meio poder ser usado adequadamente para funcionar como uma cultura protetora.

MÉTODOS FÍSICOS

Muitas das práticas agrícolas atualmente utilizadas são determinadas pela necessidade de realizar trabalhos de solo. O espaçamento entre fileiras, por exemplo, basicamente é determinado pela necessidade de cultivar o solo e eliminar ervas daninhas. Esta prática é especialmente evidente em países que utilizam a força animal ou humana para realizar capinas. Quando este for o caso, o espaçamento entre fileiras varia consideravelmente; já quando é utilizado trator, o espaçamento é mais definido, visando adaptá-lo aos implementos disponíveis. Mesmo na agricultura moderna estes tipos de operações ainda são muito usados para controlar ervas.

Os métodos físicos de controle de plantas daninhas têm sido utilizados pelo homem durante século em todo o mundo. O arrancamento manual ou “monda”provavelmente seja o método mais antigo que se conheça. A figura do homem com a enxada não só caracteriza o método físico de controle, que é século e até milenar, como nos mostra a importância do agricultor e a sua luta permanente contra as plantas daninhas. Mesmo com o advento dos herbicidas e outras técnicas modernas de cultivo, os métodos físicos de controle e continuam sendo de extrema importância.

Importância das características das plantas daninhas

Qualquer planta pode ser tornar daninha mas para isto ela deve apresentar características especiais e vantagens competitivas para se tornar uma praga séria, características estas que deverão ser consideradas na aplicação do controle físico.

Hábito de crescimento

Esta característica pode determinar o tipo de método físico que devera ser empregado no controle de determinadas ervas. Plantas com sistema radicular superficial ou que apresentam rizomas também na camada superficial do solo têm seu arrancamento facilitado; Já plantas com sistema radicular profundo tornam-se difíceis de serem arrancadas. Plantas daninhas lenhosas, por sua vez, exigem grandes equipamentos para sua remoção.

A profundidade e distribuição das raízes variam não apenas com a espécie mas também dependem do tipo de solo e das condições climáticas. Outras adaptações associadas ao hábito de crescimento das ervas são habilidade de enraizamento e formação de uma coroa basal e habilidade de se estabelecerem através de propágulos desmembrados ou de partes vegetais seccionadas.

Ciclo biológico

Se a espécie daninha apresenta ciclo anual ou bienal, a produção de sementes e sua germinação influenciam na habilidade da mesma em tornar-se problema para controle. As plantas anuais, por completarem o ciclo vital em menos de um ano, podem competir intensamente com a cultura neste período. Algumas espécies produzem várias gerações ao ano, enquanto outras apenas uma. As bienais apresentam crescimento vegetativo durante o primeiro ano e floração, frutificação e morte no segundo ano. Estas espécies, pelo fato de apresentarem ciclo mais longo, são de mais fácil controle do que as anuais, permitindo maior flexibilidade no controle. As plantas perenes, por sua vez, podem reproduzir-se por sementes ou propagar-se através de partes vegetativas. No caso destas plantas, deve-se considerar no controle evitar o surgimento de novas plântulas, procurando também eliminar os indivíduos existentes.

Habitat e ambiente

Muitos fatores do meio podem influenciar a seleção do método físico de controle a ser utilizado. Entre estes fatores estão topografia, umidade do solo, teor de matéria orgânica, presença de pedras, etc. assim, fatores do solo podem influenciar no tipo de método a ser usado.

Diversas culturas são favorecidas por condições incomuns de umidade que também exercem influência sobre as espécies daninhas que podem surgir e sobre as práticas de controle que podem ser empregadas. Assim, no caso do arroz irrigado, o cultivo mecânico não pode ser utilizado. A topografia por sua vez, influi nas práticas de controle, como pode ocorrer em terrenos acidentados e íngremes ou onde haja presença de pedras, situações estas que podem impedir o cultivo do solo ou a lavração. Por outro lado, o alto conteúdo de matéria orgânica no solo pode limitar o uso do fogo como medida de controle físico, o que poderia representar a destruição da camada orgânica. A erosão do solo é outro importante fator a ser considerado na escolha do método físico de controle. O nível do lençol freático e a capacidade do solo em reter umidade também podem impedir o sucesso do método devido à sobrevivência de ervas, possível de ocorrer após o trabalho do solo.

Princípios dos métodos de controle

O princípio básico que envolve o controle de plantas daninhas através de métodos físicos é o de que nas espécies que se reproduzem por sementes é fundamental que elas sejam eliminadas antes da floração para evitar a produção de sementes viáveis em espécies que se propagam vegetativamente, além disto é importante esgotar as reservas radiculares através da eliminação constante da parte aérea até as plantas morrerem por exaustão ou definhamento.

Classificação dos métodos físicos de controle

Os principais métodos físicos de controle são os seguintes:

- arrancamento manual;
- capina manual;
- trabalho de solo ou cultivo (aração, gradagem, capina mecânica);
- ceifa, corte ou roçada;
- inundação;
- drenagem e dragagem;
- calor ou fogo;
- abafamento ou cobertura morta;
- eletricidade;
- solarização.

Arrancamento manual

Este é, seguramente, o método mais antigo de controlar plantas daninhas. É prático e eficiente, particularmente onde outros métodos não possam ser empregados, como em hortas e em jardins, ou onde haja grande diversidade de espécies, em gramados, em áreas de experimentação e naquelas para produção de sementes certificadas. Frequentemente, este método complementa a ação de outros como no caso da eliminação de ervas junto às fileiras das culturas. É um método eficiente contra ervas anuais e bienais. Particularmente no controle das espécies dicotiledôneas e daquelas que não conseguem recuperar-se a partir de partes subterrâneas. Para plantas perenes estabelecidas que conseguem regenerar-se a partir das partes subterrâneas, o arrancamento é praticamente infrutífero, a menos que seja realizado repetidamente.

O arranchamento é realizado mais facilmente quando o solo estiver úmido, o que favorece a extirpação completa das plantas daninhas. Outra recomendação é de que este método seja usado quando as ervas forem jovens, evitando assim maiores prejuízos às plantas cultivadas através da competição.

O método de arranchamento manual apresenta algumas desvantagens, entre elas: necessidade de repetir a operação para manter a área sob controle; necessidade de eliminação de possíveis rebrotos, o que é comum em espécies perenes gramíneas; e aspectos relacionados à disponibilidade e custo da mão-de-obra.

Quando se trata de espécies perenes, o arranchamento manual é eficiente apenas sobre plântulas, pois indivíduos já estabelecidos quase sempre deixam órgãos subterrâneos de propagação no solo, os quais originam novas brotações.

Capina Manual

Este método consiste em controlar as ervas através do arrancamento ou corte das mesmas abaixo da coroa ou na base da planta. Utiliza, como equipamento básico, a enxada. Este implemento é caracterizado por:

- romper o solo a profundidades rasas ou superficiais, além do arrancamento das raízes de ervas anuais pequenas e do corte abaixo do nível do solo de ervas anuais maiores e de ervas perenes;
- adaptar-se ao uso numa cultura em crescimento devido ao direcionamento preciso que pode ser dado manualmente;
- apresentar impossibilidade de uso eficiente em condições de solo úmido.

A capina manual é uma prática bastante usada, principalmente onde outros métodos sejam impraticáveis ou como complemento do cultivo mecânico. É um método que pode ser muito eficiente contra espécies anuais e bienais; já contra espécies perenes sua eficiência restringe-se ao estágio de plântula, a menos que alcance o esgotamento das reservas acumuladas. Ervas anuais são as mais susceptíveis, particularmente as dicotiledôneas. Para gramíneas anuais, o corte pela enxada deveria ser feito abaixo da superfície do solo para prevenir a regeneração da planta a partir do ponto de crescimento. As ervas bienais variam em suscetibilidade, dependendo da habilidade regenerativa do seu sistema radicular. Plântulas de perenes são facilmente controladas com enxada, assim como a maioria das espécies anuais. Por outro lado, perenes estabelecidas requerem longos períodos de capinas contínuas para sua completa eliminação. Capinas repetidas dos pontos de crescimento a intervalos apropriados esgotam as reservas que as perenes acumulam nas raízes.

Este método tem sido empregado, principalmente, em jardins, hortas, ao redor de árvores, eliminação de ervas isoladas em pastagens e em locais que não possam ser tratados com herbicidas ou alcançados com equipamento mecânico. Sua exequibilidade e sucesso estão condicionados à disponibilidade e custo da mão-de-obra e à necessidade de repetir a operação devido à rebrotação das ervas.

Ceifa ou roçada

A ceifa é um método relativamente eficiente no controle de diversas espécies daninhas anuais se realizada com bastante frequência para prevenir a floração e a formação das sementes. Entretanto, é relativamente ineficiente sobre espécies perenes. É um método usado frequentemente ao longo do acostamento de estradas, terrenos baldios, gramados, pastagens, canais de irrigação e de drenagem e pomares.

A ceifa controla ervas de duas maneiras: se realizada apropriadamente na época, ela previne as plantas de produzir sementes, e ceifas repetidas também ajudam a controlar algumas espécies perenes pelo esgotamento das reservas acumuladas em seus órgãos subterrâneos. A maioria das ervas deveria ser cortada no estágio de botão floral ou mesmo mais cedo, uma vez que elas podem produzir sementes viáveis mesmo quando cortadas durante a floração. Da mesma forma, a maioria das ervas perenes

deveria ser cortada antes do início da fase de floração, uma vez que geralmente, este é o período em que a erva apresenta a quantidade mais baixa de reservas acumuladas nas raízes. Em muitas espécies, o corte das extremidades das partes aéreas destrói a dominância apical e as gemas laterais dormentes iniciam a brotação e o crescimento, resultando em mais hastes sobre a planta do que aquelas presentes antes do corte. A apara dos gramados, por exemplo, induz á formação de afilhos e, conseqüentemente, uma população mais densa e conveniente destas gramíneas que, por sua vez, irão competir vantajosa com as ervas.

A altura da ceifa pode representar um fator crítico do método. Esta deve ser baixa o bastante para eliminar todas as flores das ervas, porém não tão baixa a ponto de reduzir a habilidade competitiva da espécie desejável. A ceifa, porém, é ineficiente contra ervas com hábito de crescimento prostrado ou fechado junto ao solo. Espécies com hábito prostrado muitas vezes são invasoras de areas frequentemente ceifadas.

A ceifa pode representar um método desejável de controle de ervas em áreas onde o solo esteja descoberto e sujeito à erosão, onde a presença dos sistemas radiculares da vegetação seriam desejáveis para conservar o solo. Ceifa ou corte também são eficientes em culturas que apresentam um lento período inicial de crescimento seguido por uma taxa acelerada do mesmo. Em tais casos, as ervas com rápido crescimento podem ser severamente danificadas pela ceifa, permitindo, desta forma, o desenvolvimento da cultura.

Implementos manuais como gadanho, foice e mesmo facão, são empregados em áreas inacessíveis ao equipamento tracionado, como as roçadeiras e ceifadeiras, ou onde estes não estejam disponíveis.

Infelizmente com frequência a ceifa é uma prática executada quando mais conveniente e não quando mais efetiva no controle das ervas, permitindo assim que elas formem sementes viáveis.

Ceifas repetidas favorecem um gradual “engrossamento” da cobertura do solo com aparecimento de espécies prostradas e em forma de rosera, com a conseqüente diminuição da presença de plantas de folhas eretas. A falta de perturbação do solo da área ceifada, juntamente com o engrossamento do gramado, desfavorecem a erminação de sementes de plantas daninhas anuais. Já ao cessar a ceifa de uma área, ocorre rapidamente o surgimento de plantas eretas e de porte elevado que tendem a dominar a área pelo sombreamento e competição que ocasionam.

Cultivo do Solo

Princípios gerais

O termo “cultivo de ervas daninhas” através de operações mecânicas, engloba todos os trabalhos de solo como aração, gradagem, capina, etc. O cultivo engloba o uso de implementos agrícolas tracionados por animais ou tratores. A utilização de equipamento tracionado por animais tem decrescido rapidamente, especialmente nas regiões agrícolas mais desenvolvidas, dando lugar ao equipamento motorizado.

A principal razão e função do cultivo é alcançar o controle das ervas daninhas. O cultivo isoladamente ou em combinação com práticas culturais recomendadas é frequentemente, o método mais eficiente e econômico de controle de ervas daninhas. Além disso, é um método prático de controle, tanto para espécies anuais, bienais ou perenes. Para ervas anuais é suficiente destruir o crescimento de suas partes aéreas; para bienais, tanto a parte aérea como a “coroa”; e para perenes, é requerido destruir o crescimento aéreo e o subterrâneo.

Sob muitos aspectos, o cultivo mecanizado não é tão eficiente quando o arranquio, o corte manual ou a capina com enxada, pois ele não remove completamente as ervas daninhas que crescem nas fileiras da cultura que, em muitos casos, é a forma mais prejudicial de competição. Entretanto, esta desvantagem é compensada pela rapidez da operação em grandes áreas agrícolas, em comparação aos métodos físicos acima citados.

Os principais mecanismos que fazem com que o cultivo alcance o controle das plantas daninhas são:

1. enterrio – através da cobertura das ervas com solo, de maneira que elas acabam morrendo por falta de luz para a fotossíntese;
2. corte – consiste na separação da parte aérea da parte radicular ou dos rizomas, usualmente abaixo da superfície do solo;
3. dessecação – rizomas ou raízes são trazidos para a superfície do solo onde ficam expostos a uma atmosfera ou solo secos;
4. exaustão – estimulação contínua da brotação de gemas dormentes em ervas perenes, acoplada à paralização da atividade fotossintética, conduzem à exaustão das reservas de carboidratos e morte dos meristemas;
5. estimulação – promoção de um ambiente de solo que encoraje sementes ou gemas em dormência a mudar para um estado ativo e, desta forma, vulnerável ao controle.

De um modo geral, recomenda-se que o cultivo seja raso para controlar espécies daninhas anuais; cultivo profundo enterra as sementes destas plantas. Isto faz com que retenham sua viabilidade por mais tempo sob níveis profundos de enterrio, enquanto operações subsequentes de solo trazem estas sementes para a superfície onde encontram condições para germinar.

Funções do cultivo

As principais funções dos trabalhos de solo são:

- reduzir ou eliminar a competição de plantas daninhas;
- criar ambiente adequado para a sementeira e a germinação da cultura;
- manter ou alterar as condições físicas da estrutura do solo, tornando-as mais apropriadas;
- incorporar ou revolver resíduos de culturas;
- incorporar adubos e corretivos;
- preparar o solo para receber chuvas e/ou para aplicação e distribuição da água de irrigação;
- controlar moléstias e pragas;

Contudo, a função maior do cultivo tem sido controlar ervas daninhas. Em solos com condições físicas deficientes, pode haver vantagens em cultivar o solo durante certas estações; entretanto, benefícios diretos do cultivo, além do controle de ervas, são difíceis de demonstrar para muitos solos. Os estudos sobre o preparo mínimo do solo indicam que as sementes de muitas espécies cultivadas germinam e as plantas se estabelecem sob ampla variação de condições do solo. Onde as ervas possam ser controladas por herbicidas e as sementes da cultura sejam semeadas diretamente, os resultados têm sido equivalentes aos métodos mais tradicionais e convencionais de preparo do solo.

O tipo de crescimento e as características do sistema radicular da vegetação original apresentam uma considerável influência sobre as condições físicas do solo. Frequentemente, a condição física do solo é que determina o número de operações de solo requeridas, especialmente após a lavração, e este número nos últimos anos, tem tendido a uma redução. Alguns recomendam realizar diversas gradagens antes da sementeira para controlar as ervas que vão surgindo. Com o equipamento inicialmente desenvolvido, que era ineficiente contra ervas de corte elevado especialmente, poderia ser necessário gradeá-las cada vez que retomavam o crescimento. Contudo, o moderno equipamento existente e uma tendência para semear o mais rápido possível, parece lógico gradear o solo apenas o suficiente para o preparar de forma satisfatória. Este sistema pode significar apenas uma gradagem logo antes da sementeira; os pesquisadores tem obtido resultados favoráveis com este método, indicando que a redução do cultivo do solo é benéfica.

A manipulação excessiva do solo pode ser deletéria para a sua estrutura, particularmente quando a umidade do solo estiver ao redor da capacidade de campo ou acima desta. Operações repetidas no solo, frequentemente resultam na formação de uma camada dura e impermeável. O frequente e contínuo uso de maquinaria pesada pode ocasionar uma condição de compactação que restringe o movimento do ar e da água. Estes efeitos são particularmente sérios em áreas irrigadas e em solos pesados. O preparo esmerado do solo para sementeira está sujeito à formação de uma crosta se ocorrer uma precipitação pesada, seguida por forte radiação, em que a camada superficial resultante pode restringir as trocas gasosas e reduzir o crescimento da cultura. Chuva pesada após a sementeira, seguida de insolação e calor intensos, formam uma crosta no solo que obstrui os espaços dos poros, propiciando condições de redução na zona radicular. Análise do nitrato prova que a condição de solo encrostado resulta em menos nitrificação. Quando ocorrer forte encrostamento, o milho, por exemplo, responde com aumento do rendimento à escarificação que rompa a camada superficial e permita livre troca de gases. Portanto, a principal virtude do cultivo continua sendo o controle de ervas. Métodos que o diminuam ou o eliminem são vantajosos para preservar a estrutura do solo.

As principais práticas recomendadas visando reduzir a compactação do solo pelo cultivo são:

- rotação de culturas;
- adubação verde;
- lavração profunda ou subsolagem;
- lavração com solo relativamente seco;
- incorporação de resíduos culturais;

Por outro lado, o cultivador pode apresentar efeito de dano às plantas cultivadas, causando também danos às raízes e reduzindo o rendimento. Desta forma, os efeitos do cultivo como prática agrícola independente do controle de ervas, em geral apresentam poucos benefícios; alguns deles ocorrem em solos pesados onde se imagina que ele vede as fendas em solo seco e promova condições neste tipo de solo que favorecem a absorção da água da chuva.

Fatores que influenciam na frequência e na eficiência

Os principais fatores que afetam a frequência e a eficiência do cultivo são:

- a espécie daninha e o grau de sua infestação;
- a idade da infestação;
- as características físicas e a fertilidade do solo;
- o tipo de cultura presente na área;
- as condições de clima;
- a altura do lençol freático;

Quanto à espécie daninha a ser controlada, plantas de ciclo anual, bienal e plântulas de perenes, especialmente plantas jovens, são relativamente fáceis de controlar pelo cultivo; já plantas estabelecidas que desenvolvem sistemas radiculares extensos e profundos, armazenando reservas nestes órgãos, e que cubram o solo extensamente, apresentam dificuldade de controle.

Assim, para ervas anuais e bienais o cultivo é um método bastante prático; ele deveria ser raso ou superficial ao invés de profundo. O objetivo não é apenas de destruir todo o crescimento aéreo destas plantas com um mínimo de trabalho mas também de manter as sementes próximo à superfície onde as condições para a germinação são mais adequadas, pois cultivo profundo enterra as sementes e, desta forma, retarda a sua germinação.

O principal objetivo em utilizar o cultivo para controlar ervas anuais e bienais é tanto reduzir sua competição quanto prevenir a floração e produção de sementes. A aeração de sementes em dormência. Em cada trabalho de solo as sementes daninhas são induzidas a germinar enquanto aquelas já emergidas são destruídas. Logo após a

colheita da cultura, no outono ou primavera, deveria ser realizado um cultivo superficial. Também é prática aconselhável gradear a palha da cultura para encorajar a germinação de sementes daninhas da estação, particularmente se as condições forem secas.

O controle de espécies perenes em fase de maturação constitui-se numa operação complexa que envolve o esgotamento das reservas acumuladas através de operações contínuas de destruição da parte aérea. As infestações antigas de ervas são mais difíceis de controlar do que as infestações recentes, justamente porque aquelas apresentam maior armazenamento de reservas no sistema radicular. No caso de espécies perenes rizomatosas ou estoloníferas que, inclusive, podem ser disseminadas pelo cultivo, há necessidade de seguir um programa contínuo que requer a destruição do novo crescimento após cada operação de cultivo.

Em solos mais leves, o tempo requerido para alcançar o controle de espécies perenes é, usualmente, mais longo do que no caso de solos mais pesados, provavelmente porque as raízes penetram mais profundamente naqueles do que nestes. Este fato é verdadeiro especialmente para perenes de raízes profundas, sendo o controle mais lento nos solos arenosos do que nos argilosos. No caso de um solo de elevada fertilidade em que há um vigoroso recrescimento das ervas após o cultivo, com o resultante esgotamento das reservas radiculares, a erradicação requer um tempo menor do que num solo de baixa fertilidade.

Em solos rasos ou solos onde o lençol freático seja mais elevado, o tempo requerido para erradicação é menor do que num solo profundo ou com lençol freático mais profundo. Quando o lençol freático é superficial ou o solo for raso, as raízes ficam confinadas a um menor volume de solo; conseqüentemente, o controle é obtido num período de tempo menor do que onde o lençol freático seja profundo e o sistema radicular mais desenvolvido.

Por sua vez, o tipo de solo e sua topografia determinam se o equipamento a ser usado deverá ser leve e superficial ou pesado e profundo, enquanto que as condições de clima podem determinar o sucesso ou a falha das operações. No caso de ervas perenes, a profundidade de cultivo não é tão importante, exceto quando influir na frequência e nos custos. Mas como uma regra, a lavração, por exemplo, deveria ser bastante profunda a fim de perturbar completamente o sistema radicular subterrâneo das mesmas. A perfeição e a eficiência do método aumentam quanto maior for a perturbação da associação erva x solo.

Geralmente, os cultivos são mais eficientes durante a primavera e verão, provavelmente devido à tendência das plantas a terem o crescimento mais acelerado durante estas estações. Quanto mais rápido o crescimento das ervas, mais rapidamente elas utilizarão as reservas armazenadas e, desta forma, perecerão. Assim, clima desfavorável usualmente aumenta o tempo necessário para alcançar o controle pelo cultivo. Clima frio ou seco reduz a atividade de crescimento da erva e, desta forma, atrasa o processo de definhamento, necessitando um maior período para obter controle eficiente.

É importante também considerar o tipo de cultura, especialmente quanto ao ciclo, época de germinação e época de maturação, bem como considerar estes mesmos fatores em relação às ervas daninhas, além da habilidade destas em competir com a cultura. As ervas diferem grandemente em sua habilidade de ressemeiar o solo e o tipo de cultura determina, em grande parte, a população de sementes daninhas no solo, sendo que a redução de sementes de ervas no solo requer a escolha de uma cultura em que as plântulas das daninhas possam ser destruídas por frequentes operações de cultivo para prevenir tal ressemeadura.

Em geral, espécies perenes de sistema radicular profundo requerem uma ou mais estações de cultivo a intervalos regulares. O principal objetivo para controle destas espécies é a destruição do novo crescimento precisamente na época em que as reservas de alimento cessam de ser transportadas das raízes e começam a ser rearmazenadas a partir do novo crescimento aéreo; ou seja, o objetivo final é exaurir as reservas do

sistema radicular pela constante destruição das partes aéreas. É obvio que este sistema pode resultar num aprofundamento do sistema radicular.

Diversos estudos sobre o esgotamento das reservas em espécies perenes têm mostrado uma considerável variação nos resultados, o que pode ser devido especialmente às diferenças ambientais, que influem na regeneração das reservas de carboidratos. Em geral, o esgotamento das reservas pela remoção da folhagem da planta vários dias após a sua emergência consegue maior exaustão do que a remoção desta nova folhagem logo que ela emerge. Os pontos de crescimento continuam trazendo reservas de alimento das raízes durante vários dias após sua emergência e, dependendo da espécie, a translocação de reservas para as raízes pode iniciar somente 10 a 15 dias após a emergência do novo crescimento. Isto ocorre porque na 1ª e 2ª semanas após a emergência da nova brotação aérea, esta utiliza mais reservas de alimentos do que produz, havendo o movimento das reservas das raízes para a parte aérea. Geralmente após 15 dias do início da emergência do novo crescimento, a erva é capaz de produzir, não apenas os carboidratos necessários ao crescimento, mas também um excesso considerável que é então armazenado nas raízes para uso futuro. Este fato é importante quando se visa reduzir o número de operações de cultivo; os cultivos muito frequentes são, portanto, desnecessários. Desta forma, a aplicação prática deste princípio em um programa de cultivos permitiria que o número de operações necessárias para exterminar a infestação fosse reduzido.

Quando cortamos ou quebramos a gema apical, diversas gemas inferiores começam a brotar, esgotando as reservas armazenadas pela planta. A dominância da gema apical é devida à monopolização dos nutrientes e produção do regulador hormonal ácido indolacético, o qual, ao se difundir para a parte inferior da planta, previne a brotação das gemas laterais. A remoção do broto terminal cessa a produção do hormônio inibidor, permitindo então o crescimento das gemas laterais. As operações de cultivo de ervas estimulam a brotação das plantas; frequentemente, o primeiro efeito do cultivo leva a um aumento no número de hastes visíveis, sendo este fenômeno devido à remoção dos brotos terminais, permitindo assim que as gemas laterais brotem. Este efeito é desejável porque o objetivo do cultivo é justamente o de definhando a planta forçando-a a exaurir as reservas armazenadas. Desta forma, deveria ser seguido rigorosamente um programa regular de cultivo, pois quando nova folhagem é formada, durante vários dias após a operação a planta consome mais carboidratos do que produz. Portanto, um cultivo diversos dias após o novo crescimento ter emergido do solo é muito mais eficiente do que um ciclo de cultivos que não considere o crescimento da planta. Experimentos têm mostrado que o número de cultivos pode ser consideravelmente reduzido, desde que o ciclo das operações esteja ajustado ao próprio ciclo de crescimento da erva.

Considerando que o cultivo, aparentemente, aumenta o nível da infestação, muitos agricultores resistem à adoção de trabalhos de solo pelo temor de que a infestação seja incrementada. Na realidade, este fenômeno pode ser usado vantajosamente pelo agricultor, pois quanto mais gemas são induzidas a brotar, mais rapidamente as reservas radiculares podem ser exauridas. Logicamente, se nenhum esforço posterior for feito, a infestação se disseminará devido ao aumento na população individual de plantas.

É recomendável iniciar as operações de cultivo contra ervas perenes quando elas atinjam o estágio inicial de floração considerando que nesta época é atingido o mais baixo teor de carboidratos nas raízes sendo, portanto, a época mais oportuna para tal. É importante considerar que, para ervas perenes tidas como de difícil controle, podem ser necessários de 1 a 3 anos de cultivo para que seja alcançado um controle completo.

Inundação

A inundação, como método de controle de plantas daninhas, derivou da cultura do arroz que é capaz de desenvolver sob condições alagadas e, por isso, tem sido usada

como método de controle de ervas emergentes. Algumas vezes a inundação tem sido usada para controlar ervas de ciclo perene.

A popularidade deste método aumentou após a observação de que muitas espécies perenes foram controladas em áreas inundadas para produção de arroz. Este método, no entanto, enquanto controla diversas espécies daninhas pode, por outro lado, incrementar o problema de espécies aquáticas.

Este método consiste em circundar as infestações de ervas com diques, de forma a cobrir a superfície da lavoura com 15 a 20 cm de água. O sucesso do controle depende da completa submersão das ervas durante um período variável de 1 a 2 meses. Antes da inundação propriamente dita, é recomendável cultivar a área infestada com a finalidade de rebaixar a cobertura das ervas, principalmente daquelas de porte ereto que sobressairiam do nível da lâmina de água. É importante que nenhum crescimento de ervas apareça acima da superfície da água, pois mesmo poucas folhas acima da mesma onde as plantas emergiram acima do nível da água e, desta, forma sobreviveram. Aparentemente, este método apresenta como mecanismo de ação a exclusão do oxigênio para as folhas e raízes.

A suscetibilidade de ervas perenes à inundação varia com as diferentes espécies. Quando as espécies perenes são suscetíveis ao controle pela inundação e há possibilidade do seu emprego, este método pode ser superior ao uso de certos herbicidas aplicados ao solo. Uma vantagem da inundação é não deixar resíduos tóxicos no solo, como pode ocorrer com o controle químico, desta forma a área pode retornar imediatamente à produção.

Como desvantagens deste método, referem-se: o elevado custo para construção e manutenção dos diques; a falta de disponibilidade de água em muitas áreas e as amplas diferenças de suscetibilidade das espécies à inundação; muitos terrenos não são apropriados a esta prática devido aos desníveis que apresentam, impedindo a uniformização da lâmina em sua superfície; possibilidade da água disseminar sementes daninhas de outras áreas.

Tem sido referido que este método é mais eficiente em solos arenosos do que nos argilosos. Deve-se ressaltar que sementes de várias espécies daninhas podem resistir à imersão em água durante muitos anos. Por outro lado, a inundação, provavelmente, também acelera a morte e decomposição de muitas sementes e propágulos vegetativos no solo através do decréscimo da quantidade de oxigênio e por aumentar a atividade de microorganismos anaeróbicos.

Drenagem e dragagem

São métodos utilizados para controle de ervas aquáticas que se desenvolvem em canais de irrigação e drenagem, em pântanos, em valos e canais de rios, e em outras áreas alagadas.

A dragagem é um método de elevado custo no controle destas espécies. Por isso, está demonstrado que a dragagem pode ser grandemente reduzida ou mesmo eliminada através do uso de herbicidas. Em geral, é causada muita deposição de material quando o fluxo da água num canal torna-se lento, resultando em crescimento de plantas aquáticas. Como método de controle destas plantas, a dragagem comumente é empregada como último recurso para remoção de ervas onde houve excessiva deposição de silte. Este método raramente é usado antes das ervas se tornarem problema sério. Se os rizomas, tubérculos e outros órgãos de propagação vegetativa não estes órgãos estão localizados a profundidades consideráveis, tornando-se necessário a remoção conjunta de grandes quantidades de solo. A dragagem é realizada com máquinas equipadas com caçambas ou garfos especiais.

Este método de controle físico apresenta alguns inconvenientes e restrições, como: só pode ser usado em canais abertos; o canal deve ser acessível ao menos por uma das margens; normalmente alarga o canal; pode modificar a sua capacidade de descarga; pode aprofundar o canal, dando condições para a instalação de plantas

daninhas no fundo deste: é um processo lento e dispendioso, podendo durar, em alguns casos, vários anos.

A drenagem de pântanos, canais e outros locais úmidos, altera suficientemente o ambiente de forma a prevenir o crescimento da maioria das plantas hidrófitas. A drenagem é um método relativamente barato para controlar ervas aquáticas em canais e adjacências. Todavia, os canais devem apresentar um desnível e uma uniformidade tais que a água em determinados locais. Para que este método seja eficiente, as ervas devem secar completamente. Embora o método seja eficiente para controlar plantas hidrófitas, frequentemente, após a drenagem, há invasão de plantas mesófitas.

Cobertura morta ou abafamento com materiais inertes

O efeito da cobertura ou abafamento no controle de ervas daninhas pode ser atribuído a vários aspectos físicos, especialmente pela exclusão da luz das partes fotossintetizantes da planta. Portanto, esta cobertura deve ser a mais completa possível, já que ela deve impedir a realização da fotossíntese pelas ervas cobertas, prevenindo assim seu crescimento.

A cobertura morta também apresenta como função no controle das ervas evitar a germinação de sementes por aumentar sua profundidade aparente no solo, privá-las de luz e oxigênio e evitar as flutuações diurnas de temperatura que estimulam a germinação.

Os materiais usados para o abafamento de ervas daninhas podem ser fragmentados ou em lâminas. Os materiais fragmentados consistem de partes de matérias orgânicos ou inorgânicos espalhados em camadas suficientemente espessas sobre a superfície do solo a fim de excluir a luz. Os principais materiais incluem: serragem, maravalha, palha, cascas, feno, estrume, areia, britas, pedras e outros resíduos vegetais.

A camada sobre o solo, utilizando estes materiais, deve ser mais espessa para espécies perenes do que para as anuais, pois perenes vigorosas de sistema radicular profundo podem requerer cerca de 1m; obviamente, neste caso, o custo se torna excessivamente elevado para combater grandes áreas de infestação.

Este tipo de cobertura não impede a germinação de sementes que possam se encontrar dentro ou sobre a cobertura.

A cobertura morta, propriamente dita, inclui os materiais inorgânicos (areia, pedras, britas) que apresentam longa duração mas nada acrescentam ao solo em termos de matéria orgânica ou nutrientes. Estes materiais apresentam a vantagem de permitir a penetração de água e ar no solo, mantendo-o úmido e arejado.

As coberturas em lâmina consistem de papel ou polietileno, sendo o polietileno mais usado do que papel, devido a sua maior durabilidade. O polietileno preto é mais usado do que o transparente devido a sua maior resistência à degradação pela luz ultravioleta e por sua melhor prevenção do crescimento das ervas daninhas sob a cobertura. Os rolos de polietileno utilizados apresentam-se de várias larguras, espessuras e cores. Quando utilizados no campo, os lençóis de polietileno são espalhados no solo cobrindo-se suas bordas com terra para prevenir que o vento os desloque. Em geral, os materiais em lâmina são mais eficientes do que os fragmentados; além disso, este tipo de cobertura pode aumentar a temperatura do solo, conservar sua umidade e servir como vedante para fumigantes. O uso do papel e do plástico originaram-se no Havai nas culturas do abacaxi e da cana-de-açúcar.

O custo do polietileno, bem como o custo de sua colocação a campo, tem sido muito elevados, restringindo-se seu uso a culturas de alto valor econômico, em áreas relativamente pequenas. O sistema geralmente é empregado em culturas olerícolas e frutíferas. Outra desvantagem do seu uso é que as raízes das plantas cultivadas tendem a tornar-se superficiais e, frequentemente, ocorrem orifícios no polietileno, resultando em exposição do solo à luz, permitindo o aparecimento de plantas daninhas, especialmente perenes, através das coberturas plásticas. O uso da maioria dos materiais de cobertura

também é grandemente limitado a culturas já emergidas ou estabelecidas, o que reduz bastante o seu potencial dentro de um controle global no ciclo da cultura.

Ervas aquáticas também podem ser controladas pelo sombreamento gerado por plástico preto preso a flutuadores, cujo conjunto é deixado 3 a 4 semanas num local e depois mudado para outra área, e assim sucessivamente.

Calor ou fogo

O uso do calor é, frequentemente, um método econômico e prático de controlar ervas daninhas. Em muitas situações ele reduz consideravelmente a necessidade do trabalho manual requerido para controlar estas espécies, particularmente quando utilizado em combinação com outras práticas de controle.

O fogo é amplamente utilizado para eliminar material vegetal acumulado que apresenta aspecto desagradável ou algum outro risco.

A queima da vegetação é um método que, em determinadas situações, não pode ser igualado; por exemplo, a existência de uma cobertura vegetal que apresente baixo valor econômico pode ser eliminada de áreas de pastagens permitindo, desta forma, o estabelecimento de maior número de gramíneas desejáveis.

O uso do fogo é uma prática que tem sido seguida durante muitos séculos. Especialmente em áreas tropicais, métodos agrícolas, considerados mais primitivos, utilizam anualmente a queima. Nestas condições, a terra geralmente sofre uma rotação de 7 a 10 anos. Durante este período de pousio crescem sobre a área arbustos e árvores; este recrescimento é, então, cortado, secado e queimado para tornar a terra novamente disponível para o plantio. Também o baixo conteúdo de nutrientes geralmente encontrado nos solos tropicais torna bastante desejável a adição das cinzas resultantes da queima no início do desenvolvimento da cultura. Entretanto, tem sido demonstrado que a queima reduz a quantidade de matéria orgânica do solo, deixando um depósito de cinzas que logo pode ser lixiviado ou tornar-se indisponível para a cultura.

Por muitos anos a queima controlada também tem sido usada como uma prática no manejo de florestas (formação de “aceiros”). Esta prática elimina material vegetal combustível antes que ocorra grande acúmulo do mesmo, reduzindo desta forma, o risco de incêndio em florestas.

A preparação de áreas para o estabelecimento de novas plantações e também para liberação de espécies desejáveis, muitas vezes é acompanhada pela queima controlada. Este é um método valioso para eliminar plantas indesejáveis em áreas de topografia acidentada que são difíceis de limpar através dos métodos mecânicos convencionais. Naturalmente, a queima também é perigosa, uma vez que pode ocasionar incêndio em campos ou árvores adjacentes ou a fumaça apresentar perigo ao tráfego sob condições especiais, além de que algumas vezes são transmitidas alergias através da fumaça.

Os principais objetivos do uso do fogo são:

- Destruição das partes aéreas de ervas maduras ou mortas por corte ou por herbicidas;
- Controle do crescimento da parte aérea verde de ervas onde outros métodos sejam impraticáveis;
- Controle seletivo de ervas na presença da cultura;
- Morte das sementes daninhas enterradas e de órgãos subterrâneos de ervas perenes;
- Remoção do risco de incêndio, especialmente em florestas;
- Limpeza de canais de irrigação e drenagem;
- Diminuição da quantidade de material vegetal antes de lavrar ou gradear a terra;
- Remoção de material indesejável ou que proporciona mau aspecto à área;
- Manejo de pastagens, visando o estabelecimento de gramíneas;
- Controle de pragas e moléstias;

No caso de pastagens propriamente ditas, a queima pode apresentar as seguintes vantagens:

- remove o capim maduro não consumido pelos animais;
- estimula novas brotações em épocas em que normalmente não ocorreriam;
- destrói parasitas animais como carrapatos, bernes, etc.;
- previne incêndios devido à remoção do capim velho;
- eleva a produção e qualidade da massa verde;
- estimula as gramíneas da área na produção de sementes;
- combate plantas daninhas;

Por outro lado, nesta situação este método apresenta certas desvantagens, quais sejam:

- aumentam as perdas de solo por erosão;
- reduz a infiltração de água e eleva as perdas por evapotranspiração;
- aumenta o tempo para recuperação da vegetação em regiões de solos ácidos;
- destrói a matéria orgânica do solo;
- elimina inimigos naturais de pragas e moléstias;
- expõe temporariamente o solo às intempéries do clima;

O fogo ou chama pode ser usado como método não seletivo de matar plantas ou então seletivamente, matando as ervas sem injuriar a cultura. A temperatura crítica, ou seja, o ponto de morte pelo calor para a maioria das células vegetais está situado entre 45 e 55° C para a maioria das espécies. Sementes secas são muito mais resistentes ao calor do que as partes verdes das plantas. Plântulas de ervas suculentas não possuem uma casca de proteção e o calor necessita atingir uma curta distância para chegar até as células vitais. Também uma maior superfície de área foliar por parte das ervas favorece em absorver mais calor.

De fato a chama não mata pelo efeito de combustão no caso do controle seletivo. A queima do tecido vegetal neste método ocorre somente após repetidos “chamuscamentos” (flambagens), devendo a chama ser mantida à distância para evitar danos à cultura. A morte da planta pela chama, aparentemente, está associada com danos às células das folhas e hastes. Com as células destruídas, as plântulas não possuem meios de recuperação e regeneração. O mecanismo de ação ao nível celular seria, basicamente, pela coagulação do protoplasma e inativação de enzimas quando a chama é usada em exposições prolongadas. Por outro lado, altas temperaturas na planta causam desidratação ou ruptura das células.

Como exemplos de culturas em que a chama tem sido utilizada citam-se algodão, milho, cebola e alfafa, uma vez que plantas jovens destas espécies têm sido mais resistentes ao fogo do que a maioria das plântulas das ervas. Assim, diferentes de calor, dependendo do controle de fatores como a idade da cultura e da erva, a estrutura

dos caules destas espécies, o tamanho e a forma de suas plantas e a localização da chama em relação à planta.

Dois outros fatores estão relacionados com a aplicação propriamente, quais sejam, a intensidade da chama e a duração da exposição. O tempo de exposição varia em função da velocidade do equipamento de aplicação, enquanto a intensidade da chama é controlada pela regulagem do orifício de saída e pressão do combustível.

O equipamento para utilização seletiva do fogo é tracionado a uma velocidade entre 3,5 e 5,0 Km/h e utiliza butano ou propano como combustível inflamável na quantia aproximada de 38 l/há.

É recomendável, para utilização da chama, um diferencial de estatura, de modo que as plantas cultivadas apresentem maior tamanho do que as ervas gramíneas. No caso do milho, por exemplo, as pesquisas têm demonstrado que a aplicação da chama não deveria ocorrer quando as plantas se encontrassem entre 5 e 30 cm de altura. Antes do milho atingir 5 cm de altura o ponto de crescimento ainda se encontra abaixo da superfície do solo; embora chama queime ambos, folhas expostas do milho e das ervas, o milho recupera-se sem danos permanentes ao crescimento vegetativo ou rendimento. Após o milho alcançar 30 cm de altura as ervas jovens podem ser mortas pela chama sem injuriar as plantas de milho. Geralmente, a época mais eficiente para aplicação da chama ocorre quando as ervas apresentam no máximo 5 cm, devendo-se controlá-las ainda pequenas e não esperar até que apresentem tamanho que requeira capina. Quando houver predominância de ervas gramíneas, deve-se realizar uma série sucessiva de aplicações.

Dentre as desvantagens do uso seletivo do fogo referem-se as seguintes:

- podem ser necessárias diversas aplicações de chama para alcançar um controle satisfatório;
- o custo de aquisição de um aplicador de chamas é, frequentemente, mais elevado do que o custo de um aspersor;
- geralmente, a chama é de ajustamento mais difícil do que a calibração de um aspersor;
- o calor gerado pelos queimadores pode ser excessivo para o operador do equipamento;
- ervas que apresentem resistência equivalente à cultura tornam o método impraticável;
- na maioria das culturas, controle de ervas não poder ser obtido apenas pela chama que é mais eficiente quando usada como complemento para outras práticas.

Apesar das limitações da chama, ela apresenta diversas vantagens importantes:

- não deixa resíduos no solo ou na cultura, como pode ocorrer com herbicidas;
- com o equipamento bem regulado, os resultados comumente não são muito influenciados pelas condições do ambiente;
- não há risco para culturas adjacentes através de deriva;

- frequentemente, a chama pode reduzir problemas de pragas e moléstias, facilitando também a colheita mecânica pela eliminação de restos vegetais;
- serve também como medida de controle quando a cultura se encontrar em situação úmida demais para capinas;
- além disso, permite a inspeção quase imediata do resultado.

Pode-se verificar, assim, que as ervas não são destruídas pela chama por combustão ou queima completa; a morte das ervas ocorre normalmente dentro de algumas horas após a aplicação da chama sobre as mesmas. A chama pode causar a combustão total de um material, queimando a matéria orgânica e deixando apenas cinzas (minerais).

O calor causa a expansão da seiva, resultando na ruptura das células e, conseqüentemente, morte da planta; neste caso, porém, sem causar combustão do material. Temperaturas de 45 a 55° C são recomendadas para exposições prolongadas, enquanto temperaturas mais altas (90 a 100° C) são aplicadas por curto espaço de tempo. Desta forma, a temperatura é inversamente proporcional ao tempo de exposição. Enquanto o fogo pode reduzir consideravelmente a viabilidade das sementes de algumas espécies, ele também pode estimular a germinação de outras.

O uso do fogo tem sido empregado, principalmente, na abertura de clareiras para estabelecimento de novas lavouras, formação de sementeiras, limpeza de canais, acostamento de estadas, margens de ferrovias e limpeza de campos. As aplicações não seletivas do fogo têm sido realizadas onde seja desejável a eliminação de pequenas infestações de ervas. O fogo apresenta maior eficiência sobre ervas anuais do que sobre ervas perenes, embora, de acordo com algumas referências, o fogo, além de queimar as partes aéreas das plantas, pode provocar a morte de porções de raízes, aparentemente devido à produção de substâncias tóxicas nas extremidades da parte aérea da planta.

Os objetivos em utilizar o calor para controlar ervas deveriam ser examinados com cuidado, pois pessoas que não estão informadas o bastante sobre as limitações do método podem ficar desapontadas com os resultados. Por exemplo, a queima dos campos é mais eficiente em remover ou destruir a vegetação acumulada ou o material inútil do que propriamente em controlar as ervas. Este método também é utilizado, frequentemente, após a maturação destas espécies, quando já estão presentes sementes viáveis. Nesta situação, o fogo raramente reduz a viabilidade destas sementes o suficiente para alcançar benefícios de ordem prática. De outra forma, plantas secas quando são queimadas já debulharam grande percentagem de suas sementes, de modo que apenas poucas são efetivamente destruídas. As sementes que se encontram sobre a superfície do solo não são significativamente danificadas; inclusive, a queima pode estimular a germinação de sementes enterradas superficialmente.

Recomenda-se cortar as ervas daninhas ou aspergí-las com óleo durante a fase de floração e então queimá-las para prevenir a maturação das sementes. Já as ervas cortadas após as sementes se encontrarem parcialmente maduras, deveriam ser queimadas no próprio local, a fim de evitar a debulha das sementes por ocasião do manuseio e remoção deste material para outros locais.

Eletricidade

As plantas indesejáveis na agricultura não só poderão como já estão sendo controladas com a utilização da eletricidade. Especialmente nos EUA estão em fase de testes tanto o método em si, como o equipamento para sua aplicação. Em 1980, encontravam-se disponíveis diversos protótipos do denominado “sistema de descarga elétrica” (SDE) para operação em lavouras de algodão e de beterraba, especialmente, sendo consideradas promissoras as possibilidades de produção e de comercialização desse equipamento.

O tratamento em algodão vem sendo considerado mais seletivo do que em outras culturas, pois através da aplicação do SDE em cobertura total, diversas espécies daninhas estão sendo mortas por contato, sem contudo danificar o algodão. Este processo de seletividade envolve uma tolerância diferencial que existe entre o algodão e as ervas daninhas. Ao que parece, é possível remover, seletivamente, diversas ervas que são problemas na cotonicultura, sem danificar o algodão, pois esta espécie alcançaria suficientemente cedo uma condição de regular tolerância para permitir a aplicação do SDE.

As máquinas para algodão estão sendo projetadas para dois tipos de tratamento: seletivo, em cobertura total da lavoura (incluindo as plantas da cultura) e aplicação dirigida, abaixo da copa das plantas (com uso de protetores que isolem e não permitam que plantas de algodão sejam atingidas).

No entanto, a pesquisa tem estabelecido que a maioria das espécies daninhas mortas por alta voltagem também podem ser mortas por níveis baixos. Desta forma, não haveria necessidade de realizar aplicação dirigida, devido à tolerância demonstrada pelo algodão. Na realidade, a voltagem que está sendo testada não tem tido muito efeito sobre plantas de algodão com 7 a 8 semanas de idade.

O SDE controla as ervas por contato, tal como um herbicida de contato. Deste modo, para que morra, a planta deve ser tocada. O sistema utiliza o mesmo princípio de um relâmpago que atinge uma árvore; porém a um nível de energia bem menor.

O SDE mata as ervas que contatarem hastes metálicas ou sondas, constituídas por fios metálicos eletrificados. O sistema mata ou danifica as ervas ao forçar a condução de uma corrente elétrica através da solução eletrolítica que está contida no sistema vascular da planta. A energia elétrica dissipada dentro da solução condutora causa rápidos aumentos de temperatura e de expansão pela vaporização da água. Os estresses térmico e físico resultantes rompem as paredes celulares e danificam o sistema vascular da planta. Efetivamente, a eletricidade “ferve” a solução celular da planta e rompe as paredes celulares e danificam o sistema vascular da planta. Efetivamente, a eletricidade “ferve” a solução celular da planta e rompe as paredes celulares. Dentro de poucos minutos após o tratamento começa a ocorrer murchamento. A energia é dissipada da planta assim que atinge o solo. Desta forma, não tem efeito sobre a parte subterrânea do vegetal; em consequência, não mata rizomas e outros propágulos vegetativos abaixo da superfície do solo.

A instalação elétrica em si, consiste em um gerador movido por uma bomba hidráulica, acionada pelo sistema de força do trator. Então é gerada eletricidade que é transferida a um transformador para aumentar a voltagem. No transformador, através de uma série de interruptores e controles, é liberada e conduzida a corrente elétrica às hastes metálicas. A unidade do SDE seletiva para algodão gera entre 20 e 35 Kw e pode operar sobre seis a oito fileiras, simultaneamente. Já em tratamento total, uma unidade para beterraba apresenta geração de 50 Kw, sendo constituída por um aplicador para tratar 12 fileiras, espaçadas em 55 cm. Para produzir 1 Kw são necessários 2 cv de motor diesel.

Nos EUA, a estrutura do custo aparentemente justifica a compra do equipamento pelos agricultores para utilizar numa área entre 120 e 160 hectares.

Outro aspecto positivo, do sistema é que, quando as ervas não estão sendo contatadas pela unidade, não há gasto de eletricidade e, desta forma, nenhuma força é retirada do trator. Em consequência, quando mais leve a infestação de ervas daninhas, menor é o gasto de energia e a carga para o trator.

Este método apresenta as vantagens que seguem:

- constitui-se em método que não polui o ambiente nem deixa resíduos no solo que possam comprometer culturas em sucessão;

- causa efeitos agudos, matando as ervas em pouco tempo; a rapidez do controle traz, como vantagem suplementar, permitir a inspeção quase imediata dos efeitos alcançados, dando condições para corrigir possíveis falhas antes que as ervas se tornem mais competitivas;

- aparentemente, constitui-se em método barato de controle, já que só depende energia quando toca as plantas daninhas; seu gasto energético é, portanto, proporcional

à infestação de ervas. Assim, quanto mais elevado o custo de aplicação, devido à presença de infestação densa de ervas daninhas, maiores os benefícios em termos de eliminação dos possíveis danos que possam causar;

- outro ponto positivo, é que o sistema pode ser considerado como independente de influências de fatores ambientais que tanto afetam outros métodos, especialmente o químico. Assim, independe do teor de argila, matéria orgânica, condições de umidade e outros fatores de solo que tantos efeitos podem ocasionar sobre a ação de herbicidas e pré-emergência. Também não sofre influências acentuadas de fatores climáticos (temperatura, umidade relativa do ar, ventos, chuvas, etc.), como geralmente acontece com muitos herbicidas pós-emergentes.

Este método de controle de ervas daninhas também apresenta algumas desvantagens, quais sejam:

- é método de limitada seletividade para muitas culturas;

- por outro lado, pode ser usado apenas em pós-emergência das ervas daninhas, o que, combinado com a primeira desvantagem, requer que na maioria das situações apenas seja aplicado quando houver um diferencial de estatura entre cultura e ervas.

Em outras palavras, será viável para ervas que apresentem crescimento acima do da cultura, o que pode ocorrer somente 2 a 3 meses após seu estabelecimento; em consequência, o período crítico de competição das ervas com a cultura já pode ter ultrapassado a época recomendada para controle efeito;

- como mata por contato, atingindo apenas a parte aérea das plantas, não é recomendado para o controle de espécies perenes. O SED controla muito bem ervas dicotiledôneas, sendo de fraca atuação sobre gramíneas anuais que não apresentam um caule principal que possa ser contatado e morto. Uma vez que as gramíneas anuais apresentam muitas hastes vindas de um eixo central, a metade delas pode ser morta mas não a outra parte, tudo depende de quais hastes sejam contatadas e, posteriormente, do rebrote dessas plantas;

- em muitas situações, quando for viável o controle das ervas, a cultura já está tão desenvolvida que cobre os espaços entre as fileiras; desta forma, um trator não pode ser usado sem causar danos à folhagem da cultura;

- resultados de pesquisa revelaram que também existe muita variação de suscetibilidade por parte das espécies daninhas; enquanto algumas podem ser mortas com um tratamento, outras podem necessitar duas ou três aplicações de eletricidade.

O sistema de descarga elétrica é outra ferramenta disponível no arsenal do controle de ervas daninhas. Não irá substituir os herbicidas ou outros métodos, devendo ser utilizado em conjugação com procedimentos já comprovados, de maneira integrada. Como qualquer outro método, não é perfeito. Apresenta vantagens e limitações, sendo,

contudo, mais uma alternativa de controle que a habilidade agrônômica deve considerar no momento de decidir pela recomendação de técnicas para controle de ervas daninhas.

Parece ser um método mais viável para utilização em culturas perenes, como no caso de pastagens e pomares, onde se estabeleceria em diferencial de estatura mais delimitado entre plantas úteis e espécies indesejáveis. Outra situação em que provavelmente mostraria utilidade seria sua integração aos sistemas de semeadura direta em culturas anuais, para manejo de vegetação existente na área antes da semeadura.

Solarização

A solarização é um método de aquecimento da superfície do solo através do uso de lâminas de plástico transparente colocadas sobre o solo úmido para reter a radiação solar. É realizada antes de se estabelecer uma determinada cultura, podendo ser encarada como parte do preparo do solo antes de se realizar a semeadura. O método tem sido utilizado mais com espécies olerícolas em hortas.

O método foi originalmente desenvolvido para o controle de patógenos do solo e, posteriormente, verificou-se a sua eficiência no controle de certas plantas parasitas e de grande número de espécies daninhas anuais. Contudo, o método não é eficaz no controle da maioria das espécies perenes. Em certas regiões, durante o verão, a temperatura máxima do solo a 5 cm profundidade pode chegar a 50° C, a qual pode provocar morte de sementes ou inviabilizar sua germinação. O efeito de dano de altas temperaturas tem sido atribuído a alterações metabólicas e estruturais nas células vegetais, as quais se tornam irreversíveis com o aumento da temperatura. A cobertura plástica é mantida durante 2 a 4 semanas.

ANDERSON, W.P. Weed Science: principles. St. Paul, West Publishing Co., 1977. 598p.

CAMARGO, P.N. de, coord. Texto básico de controle químico de plantas daninhas. 4.ed. Piracicaba, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1972. 431 p.

CRAFTS, A.S. Modern weed control. Berkeley, University of California Press, 1975. 440p.

FRYER, J.D. & MAKEPEACE, R.J., ed. Weed control handbook; principles. 6ed. Oxford, Blackwell Sci. Publ., 1977. 510p. 1.v.

KLINGMAN, G.C. & ASHTON, F.M. Weed science; principles and practices. New York, Wiley-Interscience, 1975. 431p.

LORENZI, H. Plantas daninhas do Brasil; terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas, medicinais. Nova Odessa, H. Lorenzi, 1982. 425p.

MUZIK, T.J. Weed biology and control. New York, McGraw-Hill Book Co., 1970. 273 p.

ROBBINS, W.W.; CRAFTS, A.S.; RAYNOR, R.N. Destrucción de malas hierbas. 2.ed. México, Union Tipografica Editorial Hispano Americana, 1955. 515 p.

SILVA, J.F. da. Herbicidas. Brasília, Associação Brasileira de Ensino Agrícola Superior, 1983. Módulo 2, 4pt. (Os defensivos agrícolas, sua utilização, sua toxicologia e a legislação específica.)

SUBCOMMITTEE ON WEEDS, COMMITTEE ON PLANT AND ANIMAL PESTS, AGRICULTURAL BOARD, NATIONAL RESEARCH COUNCIL, Washington, D.C. Weed control. Washington, National Academy of Sciences, 1968. 471 p. (Principles of plant and animal pest control, v. 2.)

SWARBRICK, J.T. Basic weed science. Queens I and Agricultural College, 1981. n.p.

ZIMDAHL, R.L. Weed-crop competition; a review. Corvallis, International Plant Protection Center, 1980. 196p.