

# **BIOLOGIA DAS PLANTAS DANINHAS: IMPORTÂNCIA PARA O MANEJO DE PLANTAS DANINHAS<sup>1</sup>**

**Prof. Associado Pedro Jacob Christoffoleti** – Material de leitura para a Aula 1 - disciplina LPV 5713 - Biologia de Plantas Daninhas – PPG em Fitotecnia.

## **1. Introdução**

Durante séculos, a vegetação natural tem sido mudada pela agricultura. As práticas agrícolas tais como cultivo, aplicação de fertilizantes, introdução de novas culturas, prática da monocultura, e utilização intensiva de pesticidas têm afetado de forma significativa os ecossistemas agrícolas. As espécies de plantas daninhas são pioneiras que aumentam a diversidade dos ecossistemas agrícolas maximizando a exploração do potencial produtivo destes ecossistemas. A diversidade é gradualmente aumentada através dos sistemas de produção que visam a maximização da produção das culturas. Desta forma, é tempo de refletir olhando para os ecossistemas agrícolas com o objetivo de minimizar os "inputs" para a produção.

Na literatura é possível encontrar uma grande quantidade de relatos científicos sobre a biologia das plantas daninhas, incluindo as características de fenologia e ciclo de vida de muitas espécies. Neste artigo é sumarizada a literatura existente sobre alguns dos aspectos importantes da biologia das plantas daninhas anuais e perenes que têm implicações diretas no manejo das plantas daninhas na agricultura.

## **2. Perspectiva histórica**

Os estudos sobre biologia das plantas daninhas iniciaram-se nos anos 30 com Pavlychenko (1937) que desenvolveu pesquisas estudando a quantificação do sistema radicular de plantas daninhas crescendo isoladamente ou em associação com plantas cultivadas. Estes estudos demonstraram a importância dos estudos das interações entre planta daninha e planta cultivada em relação ao sistema radicular.

No Canadá surgiu uma série de publicações sobre o ciclo de vida de diversas espécies de plantas daninhas, incluindo as plantas daninhas do tipo ciperáceas, em 1960 (Bell et al. 1962). A publicação de uma série de arquivos destacando a biologia de espécies de plantas daninhas "The Biology of Canadian Weeds" foi uma tentativa de justificar a importância da biologia das plantas daninhas na Ciência das Plantas Daninhas no início dos anos 70. Esta série incluía mais de 100 espécies de plantas daninhas com uma revisão de literatura bastante abrangente (Bhowmik & Bandeen, 1976). Nos anos 80, a publicação "The Biology of Australian Weeds" foi consequência de uma revisão de literatura com ênfase no aspecto ecológico. Apesar de toda a literatura disponível, pesquisas sobre a biologia de plantas daninhas e seu potencial de uso no manejo de plantas daninhas têm sido ainda limitado.

---

<sup>1</sup> Tradução do artigo: BHOWMIK, P.C. Weed biology: importance to weed management. **Weed Science**, v. 45, n.3, p.349-356, 1997.

Uma revisão bastante abrangente foi feita por Abernathy & Bridges (1996) que indicaram que as publicações científicas na área de biologia/ecologia têm aumentado consideravelmente nos últimos anos; pois no início dos anos 70 era de 14,3% do total de publicações em revistas especializadas, e nos anos 90 era de 18,8%. Ao contrário, têm se observado que a percepção dos cientistas de plantas daninhas ao assunto não é muito grande, pois segundo Norris (1997), que realizou entrevistas junto aos cientistas de plantas daninhas perguntando sobre a classificação que cada um daria para importância dos estudos da biologia de plantas daninhas para servir como suporte às táticas de manejo, foi considerada moderada (3,1 em uma escala de 5,0).

Os primeiros estudos de biologia de plantas daninhas incluíam estudos sobre a fenologia, competição entre culturas e plantas daninhas e biologia da reprodução. A determinação do nível de dano econômico para algumas espécies de plantas daninhas tem tido grande progresso nas últimas décadas. O manejo integrado de plantas daninhas tem sido estudado principalmente através de aspectos relacionados aos efeitos da época de plantio, espaçamento entre linhas, uso de cultivadores, uso de culturas de cobertura do solo e doses reduzidas de herbicidas.

Os estudos em andamento sobre biologia de plantas daninhas estão em um processo de transição devido aos efeitos das práticas agrícolas sobre as plantas daninhas, sistemas de produção e ambiente. A ênfase da pesquisa tem mudado baseado na necessidade do entendimento básico da biologia de plantas daninhas. É nossa função prever que espécies de plantas daninhas, populações e biótipos evoluem em resposta a uma pressão de seleção imposta pelas práticas agrícolas. Este conhecimento ajudará no desenvolvimento de práticas de manejo. As pesquisas em andamento na área de biologia de plantas daninhas exploram aspectos relacionados à dinâmica do banco de sementes, reservas do sistema radicular, dormência de tubérculos, evolução das plantas daninhas e modelagem da emergência dos seedlings.

### **3. Fenologia**

A planta daninha “common milkweed” é perene e nativa da América do Norte, sendo que, sua infestação é limitada à região entre as latitudes 35 e 50 graus norte e longitude de 60 a 103 graus oeste (Bhowmik, 1993).

Os seedlings desta planta daninha perenizam entre 18 e 21 dias após a germinação, pois, as plantas tornam-se aptas a produzir novas partes aéreas a partir de gemas (Bhowmik, 1993; Bhowmik & Bandeen, 1976 e Evetts & Burnside, 1972). A raiz que originou inicialmente a planta sobrevive no solo durante dois ou mais anos agrícola, dependendo das condições e frequência de cultivo.

O estágio fenológico de crescimento de cada espécie descreve seu crescimento e subsequente resposta às condições ambientais, incluindo o crescimento em graus dias. Esta planta daninha apresenta nove estádios fenológicos para completar seu ciclo biológico (Simard et al. 1988). Estes estádios incluem emergência da parte aérea, crescimento vegetativo, estágio de gema vegetativa, formação inicial da umbela, início do florescimento, pleno florescimento, flores senescentes, formação de vagens pequenas, vagens com sementes em maturação e vagens com sementes maduras. Simard et al. (1988) observaram que para estes estádios fenológicos serem atingidos é necessário um número mínimo de graus dias para cada estágio fenológico. A determinação do número de graus

dias para cada estágio fenológico seria importante na previsão do estabelecimento e infestação desta espécie. Desta forma, um modelo baseado em graus dias para a determinação dos estágios fenológicos de plantas daninhas perenes poderia ser de grande utilidade na tomada de decisão de manejo de plantas daninhas, principalmente quando o enfoque principal for o manejo cultural da planta daninha. O modelo poderia ser usado para prever também o momento ideal de aplicação de herbicidas.

A emergência da parte aérea da planta daninha “common milkweed” durante a primavera (abril a maio) ocorre a partir da parte subterrânea das gemas das raízes adventícias. As gemas das raízes adventícias originam ou da base do caule localizada junto a superfície do solo ou das raízes laterais (Bhowmik & Bandeen, 1976). Quando existe uma parte aérea suficiente, o desenvolvimento radicular se torna ativo. O desenvolvimento das raízes termina na metade de agosto até a metade de setembro quando a parte aérea entra em senescência. A maioria das gemas radiculares permanecem viáveis durante o inverno e brotam quando se inicia a primavera.

#### **4. Ecótipos**

##### **Ciperáceas (*Cyperaceae*)**

A diversidade de espécies é uma característica que esta sempre associada nos diversos sistemas de produção e condições ambientais variadas. As variações ecotípicas entre as plantas daninhas *Cyperus esculentus* e *Cyperus rotundus* tem sido relatada por Costa & Appleby 1976; Hauser 1968 e Stoller & Weber, 1974. As variações tem sido identificadas pelo nome ou por características físicas.

As plantas de *C. rotundus* que naturalmente se desenvolvem no estado da Geórgia (Estados Unidos da América do Norte – USA), apresentam maior tamanho e produzem maior número de tubérculos que as plantas provenientes do estado de Delaware (USA), Hauser, 1968. Costa & Appleby 1976 descreveram as diferenças entre duas variedades de *Cyperus esculentus* L. var. *esculentus* e *C. esculentus* var. *leptostachyus* Boeckl. Eles encontraram que a var. *esculentus* tem folhas mais longas, finas e em maior quantidade e menor quantidade de tubérculos, rizomas e inflorescência menores que a var. *leptostachyus*. Eles também relataram a suscetibilidade diferencial destes ecótipos aos herbicidas.

Em um estudo bastante abrangente sobre o crescimento da *C. rotundus* proveniente de tubérculos originário de 14 estados dos USA e de 21 locais ao redor do mundo foram observadas diferenças marcante (Wills, 1978). As diferenças ocorreram no número de parte aérea produzida a partir de um tubérculo, número de folhas por planta e comprimento e largura das folhas. As diferenças foram observadas também entre os ecótipos para florescimento, comprimento da ráquila, e do número, comprimento e largura da folha involucral. As partes florais, incluindo o número e comprimento do pedúnculo da inflorescência e das espiguetas também variaram entre os ecótipos. Em geral, maiores variações foram encontradas entre plantas de diferentes procedências fora dos USA que aquelas dentro dos USA.

## 5. Biologia de populações

### A. Anuais

#### *Dispersão de sementes*

As espécies de plantas daninhas anuais reproduzem-se por sementes e disseminam-se através da dispersão destas sementes. A importância da dispersão destas sementes a curtas distâncias dentro de uma área cultivada tem sido destacada por Thill et al. (1997). Os autores destacam algumas das causas da dispersão e subseqüentes efeitos na produtividade das culturas. Indicaram que opções de manejo específicas podem ser usadas para reduzir a dispersão de sementes causadas pelo homem dentro de uma propriedade ou entre propriedades próximas. Jordan (1992) ressaltou que poucos trabalhos de pesquisas foram desenvolvidos sobre a dispersão das sementes de plantas daninhas; embora é reconhecido que estas informações são fundamentais para o estabelecimento de medidas racionais de manejo de plantas daninhas.

#### *Produção de sementes*

A presença de uma cobertura sobre o solo resultante das culturas em desenvolvimento pode mudar a habilidade competitiva e crescimento das espécies de plantas daninhas. Da mesma forma, esta cobertura pode reduzir a produção de sementes das plantas daninhas. A presença da cultura de milho reduziu a chuva de sementes da planta daninha *Abutilon theophrastis* em 50%. Esta chuva de sementes atingiu um máximo quando a densidade estava entre 20 e 30 plantas por metro quadrado quando em convivência com milho, e entre 30 e 35 plantas por metro quadrado quando crescendo sem a presença de plantas de milho (Zanin & Sattin, 1988). No entanto, quando apenas 4 a 5 plantas por metro quadrado de *A. theophrastis* foram cultivadas, a planta daninha produziu 8.000 a 10.000 sementes por metro quadrado em competição com milho.

De acordo com o modelo evolutivo das plantas proposto por Grime, as plantas de *A. theophrastis* podem ser classificadas como competitiva-ruderal (Grime, 1977). As características biológicas e ecológicas tornam esta planta daninha competitiva e persistente nas áreas cultivadas. O nível de dano econômico, quando calculado com base nos resultados de pesquisa de um ano agrícola, varia entre 0,3 a 1,7 plantas por metro quadrado (Zanim e Sattin, 1988). Baseado na habilidade competitiva durante a fase vegetativa do *A. theophrastis*, o conceito de crescimento em graus dias poderia ser usado para prever altura, área foliar e a produção geral de biomassa.

### Dinâmica do banco de sementes

#### *Banco de sementes*

A grande maioria das sementes de plantas daninhas enterradas no solo em áreas cultivada é originária das plantas daninhas anuais (Hume & Archibald, 1968 e Roberts, 1981). Somente 4% das espécies de plantas daninhas que ocorrem na agricultura são perenes (Kropac, 1966); porém, os dados referentes à adição de sementes de plantas daninhas anuais ao solo são bastante limitados na literatura. As principais causas da dificuldade de obtenção destes dados estão relacionadas principalmente com a irregularidade de maturação entre as espécies (Stevens, 1932), a rápida liberação das sementes pela planta mãe e sua queda no solo e danos causados a sementes maduras durante o processo de coleta. No entanto, Chancellor (citado por Roberts, 1970) estimou

que em uma área com alta densidade de plantas daninhas houve produção de 1.235.000 sementes por metro quadrado. A posição das sementes de plantas daninhas no solo influi na dinâmica populacional. A composição das espécies e densidade de sementes de plantas daninhas no solo varia grandemente, mas está intimamente relacionada com a fonte principal de novas infestações de plantas daninhas anuais a cada ano e representa a maioria das espécies de plantas daninhas (Caver, 1983). A dinâmica do banco de sementes flutua largamente dependendo da magnitude das sementes novas introduzidas e perdas (Burnside et al. 1986 e Wilson, 1988). A formação do banco de sementes de plantas daninhas anuais e os efeitos de práticas seletivas de manejo no banco de sementes foram revisadas em detalhes por Buhler et al. (1997).

Cada sistema de produção tem um espectro de plantas daninhas associadas. Muitas das espécies de plantas daninhas em um sistema de produção estão representadas no banco de sementes. Roberts (1981) verificou que as maiores diferenças nas floras ocorre quando comparadas culturas que têm a infestação de seedlings no outono inverno (cereais de inverno) e culturas que têm a emergência de seedlings na primavera e verão.

Os banco de sementes varia de sistema de produção para sistema de produção. O número médio de sementes do banco de sementes nos diversos sistemas de produção varia desde 600 até 162.000 sementes por metro quadrado entre os vários locais analisados no banco de sementes de culturas de milho na região produtora de milho nos USA – corn belt (Forcella, et al. 1992). Foi analisada nesta região a porcentagem de sementes viáveis que emergiam como seedlings observando emergências da ordem de menos de 1% até 30% dentre as diversas espécies de plantas daninhas analisadas. Neste estudo foi observado que 50 a 90% das sementes totais existentes nos banco de sementes não eram viáveis. Ressalta-se novamente que estas informações de número de espécies de plantas daninhas, mortalidade, emergência e outros parâmetros poderiam ser usados em modelos bioeconômicos de manejo de plantas daninhas.

As plantas daninhas geralmente são mais produtivas em solos férteis, adicionando mais sementes ao banco de sementes (Hauptli & Jain, 1978). Adubos orgânicos distribuídos pelos agricultores no campo pode ser uma fonte importante de dispersão de sementes para o banco de sementes de plantas daninhas em solos agricultáveis. Sementes de muitas espécies de plantas daninhas podem atravessar o trato digestivo dos animais e serem depositadas junto com as fezes no solo na forma viável (Dore & Raymon, 1942 e Salisbury, 1964). O banco de sementes de *Chenopodium* spp foi significativamente maior em campos que receberam tratamento com adubos orgânicos quando comparado com campos vizinhos que não receberam este tipo de adubação (Benoit, 1986).

O cultivo influencia grandemente a distribuição vertical de sementes no solo. Mudanças na profundidade das sementes de plantas daninhas no solo tem um papel importante na mudança do espectro de espécies de plantas daninhas infestantes, e esta distribuição está diretamente relacionada com as práticas de cultivo (Buhler, 1995 e Buhler et al. 1997). Em uma pesquisa realizada no estado de Massachussts – USA, com a planta daninha *Conyza canadensis* Cronq. foi observado a produção de 200.000 sementes por planta em uma área de plantio direto (Bhowmik & Bekech, 1993). O solo proveniente da área com plantio direto teve uma germinação de 80% do total de sementes existentes nos 2 cm superficiais. O número de sementes encontrado reduziu drasticamente a medida que a profundidade de coleta do solo aumentou. Em contraste, na área com sistema convencional

de produção foi observada uma quantidade de sementes bem menor que na área com plantio direto. No entanto, as sementes apresentavam distribuição não uniforme nos 14 cm superficiais de solo. Em pastagens, Forcella & Gill (1986) mostraram que a época de cultivo teve um efeito marcante na composição específica das plantas daninhas. As espécies *Bromus rubens* L. e *Vulpia bromoides* (L.) S. F. Gray foram dominantes nas parcelas cultivadas durante o verão e início de outono, enquanto *Rumex acetosella* L. e *Polygonum aviculare* L. foram dominantes apenas nas parcelas cultivadas durante o inverno.

A distribuição espacial das plantas daninhas é importante em todas as interações entre plantas e entre plantas e seu ambiente. A importância da distribuição espacial das plantas daninhas e como a distribuição espacial influi na dinâmica de população e comunidade de plantas daninhas tem sido apresentado por vários pesquisadores.

As práticas agrícolas influenciam a dinâmica de populações e a composição específica de plantas daninhas, afetando assim a quantidade de sementes que é adicionada ao banco de sementes no solo (Wilson, 1988). O cultivo do solo tem uma influência muito grande na redução do banco de sementes em solos cultivados. Quando uma área é submetida a um tratamento que evita a introdução de novas sementes de plantas daninhas no solo (“chuva de sementes”), o banco de sementes declina mais rapidamente que áreas onde se permite a reintrodução de sementes (Bhomik & Bekech, 1993; Bridges & Walker, 1985; Buhler, 1995 e Roberts, 1966). Na Inglaterra, a emergência dos seedlings em solos sem qualquer intervenção de manejo de plantas daninhas reduziu o banco de sementes do solo a apenas 1% das sementes viáveis (Froud-Willias et al. 1983; Roberts & Dawkins, 1967).

A aplicação de herbicidas reduz a população de plantas daninhas drasticamente no solo (Roberts & Nielson, 1981). No trabalho desenvolvido por Schweizer & Zimdahl, 1981 observou-se que a aplicação durante seis anos seguidos do herbicida atrazina na monocultura de milho reduziu a população do banco de sementes em 98%. No entanto, quando foi usado atrazina durante três, mas nos outros três anos restantes utilizou-se cultivo mecânico das plantas daninhas, o qual promoveu controle insatisfatório da planta daninha, houve um restabelecimento do banco de sementes para metade da sua população original. A dinâmica do banco de sementes em uma dada área pode ser mudada sob qualquer prática integrada de manejo de plantas daninhas. Essas mudanças devem ser reconhecidas e têm que ser integrada com conhecimentos dos estudos demográficos das plantas daninhas.

## **B. Perenes**

Muitas plantas daninhas apresentam a habilidade de colonizar rapidamente uma grande variedade de ambientes perturbados. A reprodução vegetativa é uma característica comum das plantas perenes. Existem numerosos exemplos de plantas perenes que se propagam vegetativamente em uma ou mais maneiras diferentes. Dentre a propagação vegetativa podem ser encontrados estolões, rizomas, tubérculos, bulbos, cormos, raízes gemíferas, e colmos. A planta daninha “commom milkweed” e as ciperáceas *C. rotundus* e a *C. esculentus* produzem sementes e propágulos vegetativos que têm grande potencial para colonização e reprodução.

## Dinâmica das raízes gemíferas de “common milkweed”

### *Raízes gemíferas*

Esta planta daninha apresenta propágulos vegetativos através de um sistema radicular perenizado, e as raízes geralmente crescem a uma profundidade de até 100 a 120 cm (Browmik & Badeen, 1976). Diversas gemas de raízes adventícias aparecem através do sistema radicular, sendo que, a maioria permanece dormente (Bhowmik, 1993; Bhowmik & Banteen, 1976; Gerhardt, 1929 e Groh, 1943), até que condições favoráveis de crescimento ocorram.

A produção de seedlings ocorre a partir de gemas radiculares localizadas na raiz principal, próximas da superfície do solo, entre 18 a 21 dias após emergência da planta daninha (Bhowmik & Banteen, 1976). Estudos científicos da segmentação do sistema radicular da planta daninha têm demonstrado que a atividade de brotação das gemas radiculares aumenta à medida que a raiz é segmentada e que a brotação da raiz se torna cada vez mais rápida à medida que aumenta o tempo entre o corte dos segmentos de raízes e as condições favoráveis de brotação (Bhowmik & Banteen, 1976 e Evetts & Burnside, 1972). Com a remoção da parte aérea de seedlings com 21 dias de idade observou-se que 28% das raízes gemíferas tiveram brotação de suas gemas (Evetts & Burnside, 1972). A sobrevivência e rebrota dos seedlings aumentou quando a parte foi removida mais tarde quando a planta tinha emitido mais um par de folhas verdadeiras. O número de gemas brotadas variou de 5 a 100% quando os seedlings eram cortados com 2 a 3 cm quando comparado com 7,5 a 12 cm de altura (Bhowmik & Banteen, 1976). Sendo assim, a brotação não ocorre em seedlings se não for feito o corte da parte aérea, indicando que a dominância apical tem uma influência muito grande na brotação das gemas. Depois de 4 anos de infestação da área sem qualquer tipo de controle, um seedling produziu 56 partes aéreas vegetativas, e uma densidade de 94 seedlings a cada 9 metros quadrados de área.

O tamanho, comprimento, e maturidade dos fragmentos de raízes têm uma influência muito grande na atividade no tempo necessário para a brotação das gemas radiculares. Pequenos fragmentos requerem um tempo maior para brotação das gemas (Minshall, 1977). Noventa a 100% dos fragmentos de raízes com 30 a 45 cm de comprimento brotaram (Gerhardt 1929). Somente 36% dos fragmentos de 7,5 cm em comprimento formaram partes aéreas cobrindo o solo três meses após o plantio (Minshall, 1977).

### *Reservas radiculares*

As reservas radiculares da planta daninha “common milkweed” permite sua sobrevivência por longo tempo; sendo que, sofre variações na concentração das reservas de acordo com o tempo (Bhomik, 1993). A porcentagem total de carboidrato das raízes (amostrados até uma profundidade de 1,0 m) declinou à partir de maio a junho, com um grande declínio para cerca de 10% em julho, e aumentou para um platô de 25% em outubro (Bhowmik, 1970).

A distribuição do total de açúcares varia entre as partes das plantas. O conteúdo total de açúcares na base do caule principal é representado por 17,4 a 23,2% do total de peso da matéria seca dessa parte da planta (Bhowmik, 1970). A concentração de açúcares tem um pico de na base da haste principal em julho, seguido por uma redução em agosto e setembro. O total de açúcares reduzido (total de glicose e frutose) em pedaços de raízes

gemíferas da planta daninha permanece em teores relativamente constantes durante toda a estação de crescimento e variou de 0,48 a 2,2% do total da matéria seca (Bhowmik, 1970). As variações estacionais nas reservas radiculares claramente demonstram a relação fonte-dreno. O conceito da relação fonte-dreno poderia ser utilizado para racionalizar a aplicação de herbicidas sistêmicos. No caso desta planta daninha a aplicação poderia ser direcionada para o estágio de pós-florescimento, permitindo o máximo de translocação do herbicida.

#### *Dormência das gemas*

Embora o crescimento extensivo das raízes ocorre durante o primeiro ano de crescimento da planta daninha “common milkweed”, a parte aérea proveniente de gemas das raízes adventícias surge apenas no segundo ano (Bhowmik & Bandeen, 1976). O crescimento das raízes gemíferas é fortemente inibido pela parte aérea principal (Bhowmik & Bandeen, 1976; Evetts & Burnside, 1972 e Jeffrey & Robinson, 1971), mas o mecanismo de inibição é desconhecido. A dominância apical, controle hormonal, e reserva das raízes poderiam ser responsáveis pela dormência das gemas das raízes adventícias (Bhowmik & Bandeen, 1976 e Evetts & Burnside, 1973).

Em geral, a dormência das gemas radiculares em “common milkweed” aumentou como o aumento do nível total de açúcares em raízes gemíferas que ocorreu no outono (Bhowmik, 1970). As gemas de fragmentos de raízes tiveram a menor dormência em maio. Em média de 13,2% dos fragmentos de raízes com gema permaneceram dormentes quando comparada com 52,2% em setembro (Bhowmik, 1970). A alta temperatura normalmente quebra a dormência das gemas radiculares. Quando incubada a 27 C, 80 a 95% dos fragmentos de raízes coletados de maio a agosto brotaram, enquanto somente 67% dos fragmentos brotaram quando coletados em setembro. A 15 C, 25 a 72% dos fragmentos de raízes que foram coletados de maio a julho brotaram. No entanto, não ocorreu nenhuma brotação de agosto a setembro na temperatura de 15 C.

### **Dinâmica dos tubérculos das plantas daninhas do tipo ciperáceas**

#### *Dinâmica dos tubérculos*

Os bulbos basais e tubérculos das ciperáceas existentes abaixo da superfície do solo em áreas infestadas por estas plantas daninhas têm a função tanto de órgãos de reserva como reprodutivo (Horowitz, 1992). Estas estruturas diferem entre si basicamente pela sua posição em relação à planta mãe. Os bulbos basais estão diretamente conectados à parte aérea, já os tubérculos são resultantes da elongação dos rizomas. Basicamente eles consistem de um tecido rizomatoso com numerosas gemas (Wills, 1987 e Wills & Briscoe, 1973). Essas gemas têm potencial de brotação e assim iniciar um crescimento rizomatoso que se desenvolve até a formação de seedlings e eventualmente até a formação de plantas adultas.

#### *Iniciação e formação de tubérculos*

Em condições ambientais favoráveis, um caule emerge a partir dos tubérculos, aproximadamente 4 a 7 dias após o plantio. A formação dos tubérculos começa depois de 4 a 6 semanas após a emergência. Geralmente, mais de 95% da *C. rotundus* e *C. esculentus* são formados nos 45 cm superficiais do solo (Bell et al. 1962, Tripathi, 1969). Em geral, mais de 80% dos tubérculos ocorrem nos 15 cm superficiais do solo. Esses rizomas, em geral, não penetram profundamente em solos de textura argilosa.

A produção de tubérculos das ciperáceas é abundante, e a extensão da formação desses tubérculos em um ano agrícola é muito grande (Bhardwaj & Verma, 1968; Hauser, 1962; Horowitz, 1972 e Smith & Fick, 1937). Uma planta de *C. esculentus* produziu até 1.900 partes aéreas e 7.000 tubérculos em um ano (Tumbleson & Kommedahl, 1961). Em condições similares, tubérculos maiores, porém em menores quantidades foram produzidos por *C. esculentus* e *C. rotundus*. Hauser (1962) desenvolveu um trabalho de pesquisa, plantando *C. rotundus* a partir de tubérculos a distâncias de 90 cm entre si cultivando estes tubérculos e observou que após cinco semanas infestaram totalmente o solo. Depois de 20 semanas de crescimento deste mesmo experimento, o autor observou que foram produzidos aproximadamente 5.700 km por hectare de rizomas. Baseado em estudos realizados em Massachusetts (USA), a planta daninha *C. esculentus* chegou a produzir 10 a 15 milhões de tubérculos/ha (nos 15 cm superficiais de solo) durante apenas um ano agrícola.

Vários fatores influem na tuberificação das espécies de plantas daninhas do tipo ciperáceas. A tuberificação é resultado da resposta dessas plantas ao excesso de carboidratos produzidos pela fotossíntese, cujo acúmulo nos tubérculos é regulado por substâncias reguladoras de crescimento, e pela interação com fotoperíodo e temperatura. A formação de tubérculos em *C. esculentus* é influenciada pelo comprimento do dia, pois fotoperíodos curtos estimulam o crescimento reprodutivo desta planta daninha (Bell et al. 1962; Jansen, 1971). A diferenciação dos rizomas em tubérculos ocorre em plantas submetidas a fotoperíodos variando de 9 a 12 horas; sendo que, muitos rizomas diferenciam-se em bulbos basais quando submetidos a fotoperíodo mais longos que 12 horas (Jansen 1971). Fotoperíodos longos e teores altos de nitrogênio no solo inibem a tuberificação de *C. esculentus* (Garg et al. 1967). No entanto, baixos teores de nitrogênio combinado com altas temperaturas promoveram a tuberificação. O sombreamento é também um fator importante de tuberificação de *C. esculentus* (Keeley e Thullen, 1978). Em uma pesquisa realizada no estado de Illinois (USA) em área com o cultivo contínuo de milho na forma de monocultura, sem a aplicação de métodos de controle adequado de *C. esculentus*, foi observado que a densidade de tubérculos aumentou rapidamente durante o primeiro ano agrícola; porém, nos anos agrícolas que se seguiram (três anos), a densidade permaneceu praticamente constantes, com cerca de 1.000 tubérculos por metro quadrado (Stoller et al. 1979).

A influência do comprimento do dia não é tão marcante na formação de tubérculos de *C. rotundus*. Horowitz (1972) não encontrou efeito sobre a tuberificação de *C. rotundus* quando variou o fotoperíodo entre 10 a 14 horas. Em pesquisa realizada em Israel, foi observado que durante o estabelecimento de uma população de plantas de *C. rotundus* formaram-se mais de 200 novos tubérculos e bulbos basais por metro quadrado por semana (Horowitz, 1965). Na Geórgia (USA) foram plantados tubérculos de *C. rotundus* que chegaram a produzir entre 1.000 a 2.300 tubérculos por metro quadrado depois de 20 semanas do plantio, totalizando uma produção de matéria seca de 3 kg por metro quadrado (Mercado, 1979).

#### *Longevidade dos tubérculos*

Em geral, os tubérculos das ciperáceas permanecem dormentes e viáveis no solo por períodos prolongados. A longevidade dos tubérculos aumenta à medida que estes tubérculos encontram-se a maiores profundidades de enterrio no solo. Os tubérculos de *C. esculentus* tem uma meia vida de 4 e 6 meses quando enterrados a profundidades de 10 e 20

cm, respectivamente; sendo que, a área de onde foi extraído estes tubérculos era uma área em pousio durante vários anos no estado de Illinois (USA) (Stoller & Wax, 1973). Em área onde a cultura do milho foi plantada durante vários anos na forma de monocultura, e que estava moderadamente infestado com *C. esculentus*, no mínimo dois anos de controle durante a estação de crescimento foram necessárias para reduzir a população de tubérculos em 20% da densidade original, enquanto três anos de tratamentos reduziram para 5% (Stoller et al. 1979). Outro estudo mostrou que os tubérculos de *C. esculentus* não vivem por longo tempo no solo (Thullen & Keeley, 1975).

Pesquisas sobre a viabilidade dos tubérculos *C. rotundus* submetidos à dessecação no seu estado natural (com mais de 85% de água) para cerca de 15% de umidade comprovou a morte da maioria dos tubérculos, já a dessecação até uma umidade intermediária resultou em redução da viabilidade (Rao & Nagarajan, 1962; Smith & Fick, 1937). Em *C. esculentus*, a dessecação dos tubérculos matou mais facilmente estes tubérculos em Illinois (USA), Stoller, 1981; porém, quando ecótipos dos estados da Califórnia, Flórida e África do Sul foram submetidos ao mesmo processo de dessecação eles não perderam a viabilidade, mostrando assim diferenciação ecotípica com relação tolerância a dessecação (Day & Russel, 1955 e Thomas, 1969).

Temperaturas extremas podem matar tanto os tubérculos de *C. esculentus* quanto de *C. rotundus* (Day & Russell, 1955); Thomas 1969 e Thomas & Henson, (1968). Os tubérculos de *C. esculentus* podem suportar temperaturas mais baixas que os tubérculos de *C. rotundus*. Estudos feitos em laboratório, 50% dos tubérculos de *C. rotundus* e *C. esculentus* foram mortos quando submetidos a temperaturas de  $-2$  a  $-7^{\circ}\text{C}$ , respectivamente (Stoller 1973). No entanto, no campo, alguns tubérculos de *C. esculentus* suportaram até temperaturas de  $-20^{\circ}\text{C}$  durante o inverno (Stoller, 1973). A diferença de tolerância a variações de temperatura entre as espécies e ecótipos de plantas daninhas pode estar relacionada com os teores e tipos de ácidos graxos, lipídeos ou açúcares presente nos tubérculos (Stoller & Weber, 1974).

#### *Brotação dos tubérculos*

A emergência da parte aérea de plantas provenientes de tubérculos é provavelmente regulada pela dominância apical. Quando no solo existe uma cadeia de rizomas interligando os tubérculos e bulbos basais de *C. rotundus*, observa-se que os tubérculos localizados nas extremidades apicais brotam primeiro, exercendo uma dominância apical sobre os demais que são inibidos; da mesma forma, em tubérculos observa-se que as gemas apicais brotam mais rapidamente, exercendo dominância sobre as demais gemas basais. Quando as condições para a brotação dos tubérculos no solo não forem favoráveis, porém é mantida intacta a rede de tubérculos e gemas quiescentes, observa-se que a viabilidade das gemas e tubérculos apresenta grande longevidade (Mercado, 1979; Stoller et al. 1979 e Wills, 1987).

As gemas de *C. esculentus* estão agrupadas na porção apical dos tubérculos (Wills et al., 1980). As gemas nos tubérculos de *C. esculentus* têm sua dormência quebrada na ordem acropétala, começando da gema mais velha (basipétala). As gemas dos tubérculos de *C. rotundus* encontram-se distribuídas ao longo de todo o tubérculo (Loustalot et al. 1954). A gema apresenta dominância apical e a gema mais apical inibe a brotação das gemas mais basipétala (Loustalot et al. 1954; Smith & Fick, 1937).

Sob condições favoráveis, a brotação pode ocorrer e a emergência da parte aérea emerge entre 4 a 7 dias. O desenvolvimento da parte aérea é rápido. Em estudos de campo, foi observado que a parte aérea foi emitida até de tubérculos localizados a 45 cm de profundidade no solo (Horowitz, 1965). Em geral, a porcentagem de brotação é maior e a emergência da parte aérea é mais rápida à partir de tubérculos localizados mais próximos da superfície do solo. A emergência da parte aérea pode ocorrer em diferentes épocas do ano. Os tubérculos de *C. esculentus* podem brotar no mínimo em três diferentes épocas, consumindo mais de 60% da matéria seca (carboidratos, óleo, amido e proteína) na primeira brotação. A segunda brotação usa menos que 10% desses constituintes durante o próximo ciclo de brotação (Stoller et al. 1972).

Os tubérculos de *C. esculentus* apresentam dormência estacional, tendo um grande número de tubérculos atravessando o inverno e apresentando uma maior capacidade de brotação que aqueles produzidos no outono (Mulligan & Junkins, 1976; Stoller & Wax, 1973 e Tumbleson & Kommedhal, 1961). Em experimento conduzido em Minnessota (USA), somente 12% dos tubérculos colhidos no outono brotaram comparados com a brotação de 95% daqueles colhidos na primavera (Tumbleson & kommedhal, 1962). A *C. rotundus* não apresenta qualquer dormência estacional, pois os tubérculos colhidos em qualquer época do ano apresentam brotação a qualquer idade, desde que as condições de temperatura e umidade sejam favoráveis. Tubérculos jovens formados de *C. rotundus* germinam rapidamente, sem dormência estacional (Horowitz, 1972). Este tipo de informação sobre a dormência estacional poderia ser muito importante na integração de métodos que podem direcionar as prioridades de manejo na redução ou inibição de tubérculos através da interação com a dormência dos tubérculos.

## **6. Necessidade de novas pesquisas com biologia de plantas daninhas**

Os cientistas que pesquisam as plantas daninhas estão passando por um período de transição, concentrando atualmente mais esforços de pesquisa no entendimento da biologia básica de plantas daninhas para que esta sirva de base para estudos de estratégias de manejo das plantas daninhas, pois no passado a Ciência das Plantas Daninhas estudava alternativas de manejo, sem; no entanto, procurar entender as bases biológicas que norteiam as conseqüências dessas medidas de controle. Sendo assim, os atributos biológicos associados com a sobrevivência das espécies de plantas daninhas devem ser estudadas com maior profundidade. Métodos científicos devem ser desenvolvidos para prever como as espécies ou populações de plantas daninhas, incluindo biótipos ou ecótipos, desenvolvem-se em função da pressão de seleção causada pelas práticas agrícolas. Dekker (1977) enfatizou a importância que a diversidade biológica das plantas daninhas apresenta para os sistemas de manejo de plantas daninhas. O entendimento da diversidade genético e da estrutura genético das populações pode guiar as decisões sobre a forma correta ou época de aplicação de herbicidas.

À medida que a produção de alimentos e fibras evolui para uma maior sustentabilidade, os sistemas de manejo de plantas daninhas serão alvos de discussão sob o ponto de vista ambiental. Esta discussão pode muitas vezes limitar a disponibilidade e a gama de métodos de controle de plantas daninhas. Desta forma, é necessário o desenvolvimento de pesquisas com sistemas de manejo de plantas daninhas que sejam

ambientalmente seguros. O conhecimento da biologia das plantas daninhas pode ajudar na escolha desses sistemas de manejo.

Ressalta-se também que pesquisas com o objetivo de entender o papel das auxinas, das reservas de carboidratos, e a influência dos fatores ambientais e o entendimento do mecanismo de dormência das gemas vegetativas em plantas daninhas perenes é de fundamental importância na biologia de plantas daninhas, servindo assim de base para as estratégias de manejo de plantas daninhas perenes. O entendimento dos mecanismos de dormência dos propágulos vegetativos ajudará na determinação das épocas de aplicação das práticas de manejo de plantas daninhas. Os diversos sistemas de produção aplicados na agricultura utilizam práticas culturais específicas que influem diretamente na dinâmica de populações das plantas daninhas. Estes efeitos quando adequadamente estudados e entendidos servem de base para racionalização das medidas de controle. É importante destacar também que informações sobre a distribuição espacial das infestações de plantas daninhas nas áreas agrícolas seriam de grande valor para tomada de decisão dos sistemas de manejo de plantas daninhas.

Em geral, a estratégia de manejo de plantas daninhas perenes deve estar integrada em um sistema mais amplo de manejo fitossanitário, associando assim o manejo de pragas, doenças e plantas daninhas. As interações da frequência de roçagem, altura de corte, resíduos de culturas de cobertura, e cobertura viva na biologia de populações de plantas daninhas perenes necessita de maiores estudos. Na literatura existem muitas pesquisas enfocando a dinâmica do banco sementes, distribuição das sementes no perfil do solo, emergência, e determinação dos fatores de dormência; no entanto, paralelamente a estes estudos os pesquisadores têm observado a necessidade de pesquisar a dinâmica dos propágulos vegetativos das espécies perenes. Desta forma, será possível estabelecer novas estratégias de manejo de plantas daninhas perenes que sejam efetivas e racionalmente delineadas nos diversos sistemas de produção.

Estudos científicos sobre as variações ecótípicas e biotípicas das espécies de plantas daninhas e suas interações com as variações ambientais são limitados. Variações ambientais podem ter efeitos diversos na resposta fisiológica de um ecótipo específico. Desta forma, é importante que sejam pesquisados os diversos ecótipos no sentido de categorizar esses ecótipos e assim medidas específicas de controle podem ser delineadas. O delineamento da distribuição geográfica dos ecótipos em relação às regiões climáticas, países ou dentro de cada poderia ser feita, e tal identificação permitiria o desenvolvimento de estratégias de manejo específicas e com maior efetividade que medidas generalizadas de manejo.

Técnicas de biologia molecular pode ser usada na investigação de ecótipos e biótipos (Dekker, 1997; Miller, 1996; Nissen et al. 1995). Nissen et al. (1995) indicaram que sistemas de marcadores baseados no DNA extraídos das plantas daninhas podem ser usados para determinar a diversidade genética das espécies de plantas daninhas. Essas informações podem ser usadas com sucesso no controle biológico de plantas daninhas ou em outras práticas alternativas apropriadas para biótipos de plantas daninhas.

Pesquisas já foram desenvolvidas e continuarão no futuro a exploração da dinâmica do banco de sementes e suas implicações na predição da emergência dos seedlings de plantas daninhas. Embora existam diversos modelos (Bridges et al. 1989; Forcella et al. 1996; Harvey & Forcella, 1993 e Mohler, 1993) de predição da germinação ou emergência

do banco de sementes, é necessário redirecionar os esforços para uso destes modelos na escolha de opções de manejo que resultam na otimização dos sistemas de produção. Pesquisas integradas que direcionam as prioridades no sentido de redução drástica do banco de sementes através da interferência na germinação e emergência do banco de sementes têm um grande potencial para melhora das estratégias de manejo de plantas daninhas nos sistemas agrícolas.

Finalmente, os esforços de pesquisa devem concentrar-se na análise econômica dos sistemas de manejo de plantas daninhas para que as decisões de otimização das práticas agrícolas sejam otimizadas para uma agricultura sustentável. A análise econômica deve ser baseada em métodos que levam em consideração o nível de dano econômico. Porém, a determinação do nível de infestação máximo permitido (nível de dano aceitável) não deve ser baseado apenas no aspecto econômico da relação custo benefício, mas também deve ser considerada a otimização da dinâmica populacional, que nem sempre coincide com o econômico. Para desenvolver um nível de dano econômico baseado na dinâmica de populações, são necessárias informações detalhadas da produção, dispersão, longevidade e movimentação das sementes e dos propágulos vegetativos no solo. Essas informações são obtidas através de estudos demográficos das plantas daninhas, que constitui uma parte da biologia das plantas daninhas. Assim, como conclusão geral deste artigo ressalta-se que a biologia das plantas daninhas deve ser profundamente estudada e minuciosamente entendida, para que estratégias de manejo de plantas daninhas apropriadas sejam desenvolvidas, baseadas nos conhecimentos atuais e futuros da biologia de plantas daninhas.