

# PROBLE MÁTICA E MANEJO DE BANCOS DE SEMENTES DE INVASORAS EM SOLOS AGRÍCOLAS

R. CARMONA<sup>1</sup>

## RESUMO

No presente trabalho discute-se a problemática de bancos de sementes de invasoras em solos agrícolas, com relação a sua importância, mecanismos que garantem a manutenção de elevados números de sementes no solo e dinâmica. São também discutidas formas de manejo de bancos de sementes

com ênfase nas práticas de preparo do solo e aplicação de substâncias estimulantes de germinação de sementes no solo.

**Palavras-chave:** plantas daninhas, sementes no solo, preparo do solo, estimulantes de germinação.

## PROBLEMATIC AND MANAGEMENT OF WEED SEED BANKS IN AGRICULTURAL SOILS

### SUMMARY

The problematic of weed seed banks in the soil is discussed in terms of its importance, the mechanisms that guarantee the maintenance of large seed numbers in the soil and the dynamics of weed seed banks. The management of weed seed banks in the soil is also discussed with emphasis

in the practices of soil tillage and the application of germination stimulants.

**Keywords:** weed seeds, soil, tillage, germination stimulants.

## INTRODUÇÃO

A denominação "banco de sementes" ou "reservatório de sementes" no solo tem sido usada na literatura internacional para descrever o montante de sementes viáveis e outras estruturas de propagação presentes no solo ou nos restos vegetais. Neste estudo discutem-se a importância de bancos de sementes em solos agrícolas, os mecanismos que promovem sua manutenção e as técnicas de manejo que podem acelerar seu decréscimo.

Todas as práticas que afetam o crescimento e desenvolvimento de plantas e em consequência a produção de sementes logicamente tem efeito no tamanho dos bancos de sementes no solo. Entretanto, devido a natureza extremamente extensa e diversa do assunto as discussões serão limitadas a sementes já instaladas no solo.

<sup>1</sup> Eng. Agr., MSc, PhD, prof. adjunto Dep. Enga Agrônômica, Universidade de Brasília, CP 04508, Brasília-DF, 70910-970.

## IMPORTÂNCIA

Os bancos de sementes no solo tem um papel crucial na substituição de plantas eliminadas por causas naturais ou não, como senescência, doenças, movimentos de solo, queimada, estiagem, temperaturas adversas, inundação e consumo animal, incluindo o homem. Dessa forma os bancos de sementes apresentam um papel ecológico extremamente importante no suprimento de novos indivíduos para as comunidades vegetais ao longo do tempo (90). Todos os habitats vegetados durante alguma época do ano, como terras cultivadas, pastagens, florestas, terras úmidas, terrenos desmatados e abandonados, refúgios silvestres, desertos, etc, possuem, em maior ou menor quantidade, sementes no solo.

Em solos cultivados, os bancos de sementes normalmente constituem um sério problema à atividade agrícola, na medida em que garantem infestações de plantas invasoras por longo período de tempo, mesmo quando impede-se a entrada de novas sementes na área (22). Isto acarreta em decréscimo

em produção e qualidade do produto colhido, bem como no aumento dos custos de produção. Por razões econômicas, os bancos de sementes de plantas invasoras tem sido os mais intensivamente estudados até o presente momento (7).

A maioria das sementes que chegam ao solo em áreas cultivadas vem principalmente de plantas invasoras anuais (cerca de 95%) e das próprias culturas (90). Geralmente sementes de espécies cultivadas não são muito importantes, à exceção de campos de produção de sementes, porque normalmente apresentam baixa longevidade devido a predação, microrganismos e rápida germinação devida à falta de dormência (22).

## TAMANHO

O tamanho e a composição botânica de bancos de sementes no solo são extremamente variáveis em distintos habitats. Normalmente o tamanho aumenta consideravelmente de florestas a pastagens e finalmente a áreas cultivadas anualmente (26). Isto deve-se à estratégia de plantas invasoras de produzir grande número de sementes por planta (70, 47, 71) aliado a mecanismos de disseminação, longevidade e dormência (14) para sobreviver em ambientes constantemente perturbados. Alguns exemplos sobre a enorme quantidade de sementes de invasoras encontradas em solos cultivados são mostrados na Tabela 1.

A taxa de decréscimo de sementes no solo é também muito variável entre espécies, condições ambientais e práticas culturais. Entretanto, ela é geralmente lenta o bastante para gerar novos indivíduos por alguns anos na maioria das espécies invasoras. Neste contexto, a aceleração desta taxa através do estímulo a germinação ou tratamentos deletérios à semente, poderia contribuir grandemente para programas de controle de invasoras.

A taxa de decréscimo está diretamente relacionada a longevidade e dormência das sementes. A dormência distribui a germinação ao longo do tempo, garantindo o potencial de regeneração do banco de sementes mesmo em condições ambientais adversas à sobrevivência da espécie e de perturbação contínua do solo para fins de cultivo.

## DISPERSÃO

Apesar da grande maioria das sementes ser dispersada relativamente próximo à planta-mãe (26), algumas apresentam características morfológicas que possibilitam a disseminação a longas distâncias como, por exemplo, em certas espécies da família Compositae (22). Os principais meios de disseminação são o vento, água, animais, preparo do solo, uso de lotes de semente contaminados, maquinário agrícola, etc.

Estimativas do conteúdo de sementes na água usada em irrigação em Nebraska e Washington indicaram a ocorrência de sementes de 77 e 137 diferentes espécies vegetais, respectivamente (116). O autor estimou que a água de irrigação apresentava o potencial de disseminar de 10.000 a 94.000 sementes por hectare nessas localidades. Chuvas excessivas também podem contribuir para a dispersão de sementes, especialmente em áreas acidentadas ou em locais onde a drenagem é deficiente. Ciclos de congelamento/degelamento podem abrir rachaduras no solo contribuindo dessa forma para o transporte vertical de sementes no solo (22).

Animais também podem atuar como importantes agentes disseminadores de sementes através do transporte ativo, ou passivo nas fezes ou aderidas ao corpo. Estruturas desenvolvidas em frutos ou sementes podem facilitar tal aderência como por exemplo em *Cenchrus echinatus* e *Bidens pilosa*. Harmon & Keim (53) observaram que em média 14% das sementes de invasoras que haviam sido fornecidas na ração animal permaneceram viáveis após a passagem através do trato digestivo. A ação dos ácidos durante a digestão pode até mesmo aumentar a germinação em algumas espécies através da escarificação de sementes. Conseqüentemente, o uso de esterco em solos agrícolas pode constituir em fonte de introdução de plantas invasoras (116). Insetos e outros pequenos animais também podem dispersar sementes, atuando tanto no transporte horizontal, quanto vertical através da abertura de túneis e galerias no solo.

O homem é provavelmente o principal agente disseminador de sementes de invasoras. O uso de mudas ou lotes de sementes contaminados tem sido uma importante forma de introdução de espécies invasoras em diferentes regiões. Mortimer (71) reportou que 91 espécies alienígenas foram

**TABELA 1 - Estimativas do tamanho de bancos de sementes de invasoras em solos cultivados.**

Cultura	Local	Amostras	Prof. (cm)	Sementes.m <sup>-2</sup>		Fonte
				Intervalo	Média	
cereais	Inglaterra	32	0-15	1.800- 67.000	5.500	Roberts (1981)
hortaliças	Inglaterra	89	0-15	250- 24.330	4.120	Roberts & Neilson (1982)
cevada/milho/ beterraba	Est.Unidos	-	0-25	2.080-137.700	-	Schweizer & Zimdhal (1984a)
várias	França	-	0-30	400- 86.500	5.100	Barralis & Chadoeuf (1987)
trigo	Inglaterra	68	0-10	1.800-171.200	21.200	Carmona <i>et al.</i> , (no prelo)
<i>Vicia faba</i>	Inglaterra	36	0-10	21.800-132.200	49.800	Carmona <i>et al.</i> , (no prelo)
<i>Vicia faba</i>	Inglaterra	24	0-10	5.400- 40.200	20.600	Carmona <i>et al.</i> , (no prelo)

listadas nos arredores de Southampton (Inglaterra) em 1947, devido à importação de grãos, sementes e outros produtos contaminados com sementes de invasoras. A disseminação através de maquinário e implementos agrícolas é extremamente importante não só dentro de um mesmo campo mas também na introdução para novas áreas.

## LONGEVIDADE

Relatos de sementes mantendo a viabilidade por vários anos ou mesmo séculos sempre excitou a curiosidade das pessoas. Algumas vezes este excitamento tem levado a fraudes, exageros e interpretações errôneas (78). Entretanto, há irrefutável evidência na literatura de que sementes de algumas espécies invasoras conseguiram sobreviver no solo por várias décadas sem germinar (104, 66, 25, 73).

A expectativa de vida de sementes no solo varia grandemente entre espécies, características das sementes, profundidade de enterrio, tipo de solo e condições climáticas. Sementes viáveis de *Oenothera biennis* e *Rumex crispus* foram recolhidas 80 anos após haverem sido enterradas (1879) no experimento clássico de W.J. Beal e algumas sementes de *Verbascum blattaria*, *V. thapsus* e *Malva rotundifolia* foram recolhidas mesmo após 100 anos no solo (73). Sementes de espécies cultivadas normalmente decaem mais rapidamente no solo em relação às espécies silvestres (66). Este autor constatou a mais alta porcentagem de sobrevivência em sementes de *Ranunculus repens* (53%), *Chenopodium album* (23%) e *Rumex crispus* (18%) após 20 anos no solo.

Certo sucesso tem sido obtido na quantificação da sobrevivência de sementes ortodoxas em ambiente controlado (37), resultando no desenvolvimento de equações de viabilidade. Estas equações podem ser utilizadas em predições de perda de viabilidade em sementes de várias culturas armazenadas em ambiente controlado. Entretanto, tais predições são extremamente difíceis para sementes no solo, devido às condições ambientais variáveis as quais as mesmas estão sujeitas.

De acordo com Priestley (78) sementes que sobrevivem no solo por longos períodos enquadram-se naturalmente em dois grupos: sementes duras com estruturas envoltórias impermeáveis, que limitam a troca de água com o ambiente (e.g., Leguminosae, Malvaceae, etc.) e sementes que sobrevivem total ou parcialmente embebidas sob condições de baixa atividade metabólica. A sobrevivência de sementes dormentes embebidas por longos períodos tem sido atribuída a mecanismos de reparo de danos e substituição de enzimas e organelas perdidas (107).

## GERMINAÇÃO E DORMÊNCIA

A germinação de sementes no solo resulta do balanço entre condições ambientais favoráveis e características intrínsecas das sementes (14). Sementes viáveis e não dormentes somente germinam quando há adequado suprimento de água, oxigênio e temperatura favorável (77). Se pelo menos um destes fatores limita a germinação, as sementes são referidas como quiescentes. Sementes quiescentes enterradas no solo podem ter diferentes destinos: perda de viabilidade, predação,

germinação (se o ambiente torna-se favorável) ou indução de dormência.

Quando sementes viáveis deixam de germinar sob condições ambientais favoráveis para a espécie elas são ditas dormentes (77). A dormência é um dos principais mecanismos de preservação de espécies em bancos de sementes, distribuindo a germinação ao longo do tempo. Ela pode garantir a sobrevivência de espécies como semente sob condições adversas, mesmo quando a vegetação é completamente eliminada. Espécies silvestres geralmente apresentam mecanismos de dormência, enquanto as cultivadas mais comuns foram perdendo estes mecanismos por processo de seleção durante a domesticação, resultando nas variedades modernas com pouca ou nenhuma dormência.

Harper (54) introduziu os termos dormência nata (primária) e induzida (secundária) para caracterizar o desenvolvimento de dormência ainda na planta-mãe ou após desprendimento da mesma, respectivamente. A dormência nata inibe a germinação na planta-mãe e em sementes recém-desprendidas e varia não só com o genótipo, mas também com o ambiente durante a maturação (46). Certo grau de dormência nata pode ser uma característica desejável em sementes de certas culturas, pois limita a germinação precoce devido a excessiva umidade antes da colheita. As dormências nata e induzida são normalmente afetadas por alterações ambientais.

Em adição aos termos dormência nata e induzida, o termo dormência forçada é usado para definir a "incapacidade de sementes em germinar devido a uma restrição ambiental - falta de água, baixa temperatura, aeração pobre" (54). Entretanto, Karsen (62) colocou muito apropriadamente que o uso do termo dormência nesta situação é pelo menos discutível, pois a restrição a germinação, neste caso, deriva da ausência de algum requerimento ambiental essencial. Portanto, parece mais apropriado referir-se a estas sementes como quiescentes.

Muitas são as causas de dormência de sementes e as mesmas foram extensivamente revistas por Bewley & Black (12). Em termos gerais, dormência pode ser causada por barreiras a penetração de água e/ou expansão do embrião (e.g., Malvaceae e Leguminosae), trocas gasosas (e.g., Gramineae); ou alguma forma de inibição metabólica ou química no embrião ou tecidos de reserva.

Apesar da germinação de sementes individuais ser um fenômeno com apenas duas possibilidades, a transição entre dormência e não-dormência em uma população ocorre gradualmente, envolvendo diferentes níveis de respostas das sementes ao ambiente. Karsen (62) classificou como dormência verdadeira o estado em que a germinação da população é inibida quaisquer que sejam as condições ambientais e dormência relativa quando a germinação ocorre em uma gama limitada de condições ambientais. Baskin & Baskin (10) descreveram as transições entre dormência e não-dormência como processos contínuos de alterações fisiológicas, os quais afetam a capacidade de uma população de sementes de germinar de uma estrita a uma ampla gama de condições ambientais ou vice-versa. Desta forma, sementes não-dormentes poderiam germinar sob as mais variadas condições ambientais possíveis para a espécie, ao passo que sementes completamente dormentes (verdadeiramente dormentes) não poderiam germinar quaisquer que fossem as condições ambientais.

## DINÂMICA

O tamanho e composição botânica de uma população de sementes no solo num dado momento é o resultado do balanço entre entrada de novas sementes e perdas por germinação, deterioração, parasitismo, predação e transporte por vários agentes. As principais formas de entrada e perda de sementes no solo são sumarizadas na Figura 1.

O decréscimo de bancos de sementes no solo varia em função da espécie, dormência, condições ambientais, presença de predadores e microrganismos. A dinâmica de bancos de sementes apresenta distintos padrões entre espécies de uma mesma comunidade e entre comunidades. Geralmente a principal forma de decréscimo é através da germinação (74). O período de germinação característico da espécie identifica a estratégia de regeneração. Thompson & Grime (102) caracterizaram como "transitórios" os bancos de sementes cuja germinação ocorre no período de no máximo um ano após a dispersão e de "persistentes" aqueles cuja germinação excede este período.

Bancos de sementes "persistentes" são caracterizados pela predominância de sementes pequenas, dormentes, leves, sem mecanismos de dispersão específicos ou defesas químicas. São favorecidos sob condições de alto risco a sobrevivência (74). Estes tipos de sementes normalmente atraem menos predadores comparado a sementes grandes (68), devido ao menor conteúdo energético das mesmas. A predação ocorre não apenas a nível de consumo de sementes, mas também flores, óvulos em desenvolvimento e frutos. Estes processos acarretam na diminuição da entrada e permanência de sementes no solo.

Observações a nível de campo tem mostrado que os principais fluxos de emergência de plântulas tendem a ocorrer em certos períodos do ano (87, 51, 89, 72, 17, 106, 36). Estes fluxos resultam de condições ambientais favoráveis e da habilidade de sementes viáveis em responder a esses estímulos.

Sistemas de classificação tem sido derivados desta periodicidade de germinação e comprimento do ciclo de vida. Espécies anuais de verão são aquelas que normalmente germinam na primavera, vegetam durante o período quente do ano e derrubam as sementes no outono. As baixas temperaturas do solo durante o inverno (2-4°C) normalmente superam a dormência de sementes nestas espécies (62), vindo a germinar na primavera quando um novo ciclo é iniciado. Roberts & Neilson (89) listaram algumas espécies anuais de verão:

*Atriplex patula*, *A. hastata*, *Polygonum lapathifolium*, *P. persicaria*, *Chenopodium polyspermum*, *C. album* e *C. rubrum*.

Espécies anuais de inverno, por outro lado são aquelas que apresentam a parte ativa de seu ciclo durante o outono e inverno. As sementes são derrubadas na primavera, a dormência é reduzida durante a estação quente devido às altas temperaturas do solo e a germinação pode ocorrer no outono se o ambiente não a limitar. Baskin & Baskin (11) mencionam como exemplos de espécies anuais de inverno: *Phacelia dubia*, *Arabidopsis thaliana* e *Lamium purpureum*.

As flutuações na germinação de populações de sementes no campo são governadas por alterações no ambiente e em sementes individuais (62). Mudanças de temperatura e conteúdo de umidade no solo ao longo do ano são os principais responsáveis pelos fluxos de emergência de plântulas no campo (89, 62, 72, 86).

A amplitude das oscilações de temperaturas diárias no solo também desempenha um importante papel nos processos de indução e liberação de dormência (105, 108, 72, 86). Tais amplitudes são afetadas pela radiação solar incidente, umidade do solo, características físicas e profundidade. Vários fatores afetam a incidência de radiação solar, tais como: o ângulo da radiação, cobertura de nuvens, cobertura vegetal e cobertura morta (33).

As flutuações estacionais na umidade do solo afetamos fluxos de emergência de plântulas de invasoras principalmente nas regiões onde as épocas seca e chuvosa são bem definidas, como por exemplo no Planalto Central Brasileiro.

Oscilações diárias de umidade no solo também podem afetar a dormência de sementes em algumas espécies. Por exemplo, Vincent & Cavem (109) observaram que a alternância de umidade pode promover a germinação em sementes de *Rumex* spp. Apesar dessas espécies normalmente não apresentarem impermeabilidade de tegumento a água, Baskin & Baskin (11) atribuem o processo de liberação de dormência devido à alternância de umidade principalmente ao "amolecimento" de sementes duras em várias espécies. De acordo com Egley (33) é duvidoso que oscilações diárias significantes de umidade ocorram a profundidades superiores a 5 cm no solo.

A umidade do solo também pode afetar as flutuações de temperatura. Alta umidade causa decréscimo na amplitude de flutuações térmicas, produzindo umia "inércia térmica" (33), desta forma afetando indiretamente a dormência de sementes.

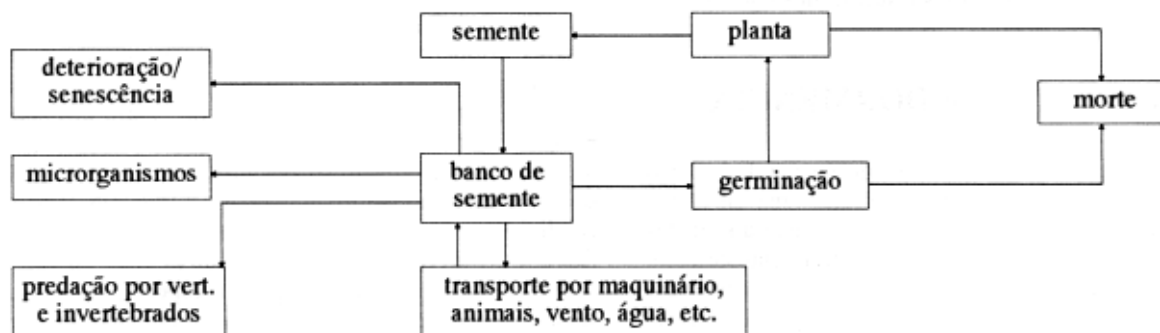


FIGURA 1 - Dinâmica de bancos de sementes no solo.

## PRÁTICAS AGRONÔMICAS GERAIS

Uma das mais antigas e populares técnicas de controle de invasoras é o "pousio" (87, 88), que consiste em deixar a área sem cultivos durante certo período. O uso do "pousio" combinado com pastoreio ou movimentos de solo pode reduzir consideravelmente bancos de sementes de espécies anuais (87), bem como problemas com pestes e doenças. Entretanto, esta técnica apresenta a desvantagem de manter a área improdutiva ou pouco produtiva, o que pode constituir-se em grande limitação principalmente em regiões onde a agricultura é praticada intensivamente.

A rotação de culturas, que significa o cultivo de uma sucessão de espécies na mesma área, ajuda a manter os bancos de sementes a baixo nível na medida em que evita a predominância de determinadas invasoras. Isto se deve ao fato de que cada cultura apresenta uma gama de plantas invasoras "associadas" que pode variar com a localização geográfica (67). Essas associações decorrem de similaridades em termos de requerimentos por solo e clima, ciclo de vida, competitividade, resistência a herbicidas, características físicas e morfológicas das sementes, etc.

A rotação de culturas permite variações na data de preparo do solo, densidade da massa vegetal que cobre o mesmo, época de colheita e subsequente cultivo, e técnicas de controle de invasoras. Dessa forma nenhuma espécie é continuamente beneficiada por um ambiente, técnica de manejo, colheita e manuseio em pós-colheita consistentemente favoráveis (67).

O fogo pode reduzir a população de sementes de invasoras no solo matando as mais suscetíveis ao calor ou auxiliando na liberação da dormência (35). Froud-Williams (48) observou que a queima da palhada destruiu 97% das sementes de *Bromus sterilis* na superfície do solo e reduziu os números de plântulas em 94%. A queima da resteva pode promover a germinação de sementes de *Avena ludoviciana* (111) e *Avena fatua* (75). Entretanto, a importância desta prática vem diminuindo devido a maior conscientização de seus efeitos danosos ao ecossistema, haja visto o advento de legislação restringindo o uso do fogo na agricultura em vários países.

A solarização do solo através da colocação de plástico transparente sobre a superfície é outra técnica que pode aumentar a temperatura do solo. Temperaturas de 40-60°C ou mais podem ser obtidas próximo à superfície através da solarização, especialmente em regiões tropicais, o que pode reduzir a população de sementes ou controlar pestes no solo. Egley (35) observou que altas temperaturas (40-70°C) reduziram o número de sementes viáveis de invasoras, especialmente em solos úmidos, entretanto algumas sementes sobreviveram mesmo nas mais adversas condições. O autor concluiu que através da elevação da temperatura do solo torna-se difícil a eliminação total de sementes de invasoras no campo.

### Preparo do solo

Práticas de preparo do solo visam destruir plantas e plântulas de invasoras, quebrar a crosta endurecida, aumentar a aeração, podendo reduzir o tamanho do banco de sementes através de estímulo à germinação ou perda de viabilidade

(22). O efeito destas práticas no banco de sementes é função da distribuição vertical das sementes ao longo do perfil antes e após preparo. Portanto, generalizações não podem ser inferidas no que concerne ao efeito do preparo do solo no tamanho do banco de sementes. A distribuição é afetada pelo tipo, velocidade e profundidade de trabalho do implemento utilizado, textura do solo e umidade.

A proximidade à superfície do solo aumenta a exposição de sementes a fatores como luz, alternância de temperatura e umidade e íons nitrato, que normalmente promovem a germinação e decrescem a longevidade em várias espécies invasoras (81, 82, 84). Entretanto, sementes de certas espécies como *A. fatua* não são estimuladas a germinar por estes fatores (20). Ataques de microrganismos e predadores também contribuem para o rápido decréscimo de sementes próximas à superfície. Queimadas aceleram o processo de "amolecimento" de sementes duras na superfície, resultando em germinação mais rápida do que aquelas enterradas a maiores profundidades (11). Várias evidências tem confirmado que o decréscimo de sementes é normalmente maior na superfície do solo em relação a sementes enterradas (114, 113, 49, 30).

O plantio direto ou preparo superficial do solo resulta na concentração de sementes próxima à superfície, enquanto o uso de arados tende a distribuir melhor as sementes ao longo do perfil preparado (22, 8, 97, 118). Neste contexto, o plantio direto e cultivo superficial tendem a acelerar o decréscimo de sementes recém-derrubadas no solo por indução de germinação ou perda de viabilidade. Yenish *et al.* (118) observaram que sementes de *Chenopodium album* coletadas na superfície após plantio direto germinavam 40% menos do que as coletadas a maiores profundidades após aração.

A estabilidade de distribuição vertical varia de acordo com a técnica de preparo do solo. Simulações usando pequenas bolas plásticas mostraram que a estabilidade vertical após sucessivos preparos é atingida mais rapidamente através do preparo superficial do que aração profunda (27).

O preparo convencional do solo pode aumentar a taxa de decréscimo de sementes previamente enterradas, trazendo-as para próximo à superfície. Roberts & Dawkins (87) observaram que o número de sementes até 23 cm de profundidade decresceu exponencialmente ano após ano na ausência de entrada de novas sementes. As taxas de decréscimo foram de 22% em solo não preparado, 30% em solo cultivado duas vezes ao ano e 36% em solo cultivado quatro vezes ao ano. Experimento posterior confirmou o efeito promotor do preparo do solo no decréscimo de sementes (88). Cardina *et al.* (21) observaram que o contínuo preparo do solo durante 25 anos resultou em decréscimo na diversidade de espécies em diferentes solos. O número de sementes a 15 cm de profundidade era mais alto no solo sem preparo em relação ao cultivo mínimo e preparo convencional.

Aração muito profunda pode inviabilizar a capacidade de regeneração de parte da população de sementes em certas espécies. Relativamente poucas espécies invasoras podem emergir de profundidades superiores a 5 cm, à exceção de espécies que apresentam sementes grandes. Froud-Williams (48) observou que a aração a 20 cm de profundidade erradicou sementes de *Bromus sterilis*; e apesar de algumas germinarem elas não emergiam.

Wilson (115) observou que a cultura superficial resultou em quatro vezes mais plântulas de *Avena fatua* no primeiro ano que a aração, mas esta tendência foi revertida no segundo ano, quando a aração trouxe à superfície sementes dormentes enterradas a maiores profundidades. O número de sementes decaiu mais rapidamente após preparo superficial do que aração no período de quatro anos. Algumas sementes viáveis persistiram em área de plantio direto. A cultura superficial reduziu a população de sementes de *Bromus sterilis* em 34% e na primavera havia 47% menos plântulas nestas parcelas do que nas de plantio direto (48).

De acordo com Froud-Williams *et al* (49) o preparo do solo pode aumentar a emergência de plântulas de grande número de espécies, mas não afeta a periodicidade de emergência.

Os dados relatados confirmam que as práticas de manejo de solo que concentram as sementes recém-derubadas ou já presentes próximo a superfície aceleram o decréscimo das mesmas. Esta é uma importante ferramenta que pode e deve ser usada no manejo de plantas invasoras.

## COMPOSTOS ESTIMULANTES DE GERMINAÇÃO

A superação de dormência de sementes e conseqüente sincronização de germinação pode ser uma importante ferramenta no controle de bancos de sementes no solo. As plântulas ou plantas uma vez estabelecidas são mais facilmente controláveis do que sementes, através das técnicas corriqueiras de controle de invasoras. Várias categorias de substâncias químicas podem superar ou aliviar dormências fisiológicas, comuns em várias espécies invasoras (80, 59, 60). Entretanto, quando a dormência é causada por barreiras à penetração de água ou oxigênio torna-se difícil a aplicação de práticas visando sua superação a nível de campo. Aseguidiscutem-se várias substâncias que podem ser usadas na estimulação de germinação de sementes de invasoras.

### Compostos nitrogenados

De acordo com Espeby (40) nitrato é o único íon inorgânico comum na solução do solo que afeta a germinação de uma vasta gama de espécies. Sua concentração é normalmente maior perto da superfície devido a decomposição de matéria orgânica e atividade microbiana e no início da estação normal de crescimento, i.e., primavera em regiões temperadas e início da estação chuvosa nos trópicos. Nitrito é geralmente mais estimulante a germinação de invasoras do que nitrato, o que tem levado à sugestão de que a atividade do nitrato resultaria de sua conversão a nitrito dentro da semente (1, 33).

Evidências tem mostrado que a aplicação de fertilizantes nitrogenados pode aumentar a emergência de plântulas de algumas invasoras. A aplicação de nitrato de amônio nas formas granular e líquida a diferentes solos em potes, a taxa de 25 a 125 kg N.ha<sup>-1</sup> aumentou a emergência de *Avena fatua* em 25-35% em comparação à ausência de nitrogênio (2). Aplicações de fertilizantes nitrogenados no campo, seja na forma química ou esterco, provocaram significativos aumentos na emergência desta espécie (110, 111, 112, 99).

Por outro lado, Fawcett & Slife (42) mostraram que a aplicação de nitrato de amônio em doses de 112 a 336 kg N.ha<sup>-1</sup> não afetou a população de *Chenopodium album*, *Setaria faberi*, *Abutilon theophrasti*, *Datura stramonium* e *Amaranthus retroflexus*. Entretanto, sementes de *C. album* colhidas de parcelas tratadas com nitrato eram menos dormentes do que o controle sem nitrato.

Alguns inibidores de respiração como azida, cianida e hidroxilamina são importantes promotores de germinação de sementes de algumas invasoras (80). Experimentos em laboratório demonstraram a ação da azida de sódio no estímulo a germinação em *Avena fatua* (45, 20), *Xanthium pennsylvanicum* (38) e *C. album* (20).

Fay & Gorecki (43) obtiveram aumentos substanciais na emergência de plântulas de *Avena fatua* através da aplicação de 11.2 kg.ha<sup>-1</sup> de azida de sódio no campo (50% em relação a 12% no controle). Hurtt & Taylorson (58) concluíram que a azida de sódio foi o agente mais promotor da emergência de gramíneas e espécies de folha larga em comparação a nitrato de amônio e butylate no campo. O aumento da eficiência da azida de sódio foi obtido através da impregnação dos grânulos de argila contendo esta substância com uma cobertura de 5% de polietileno glicol (44), reduzindo desta forma a dissipação do produto.

Tiuréia e outros derivados de uréia podem estimular a germinação de várias espécies invasoras ou não, tais como *Medicago trunculata* (50), *Xanthium pennsylvanicum* (38), *Scirpus juncooides* (61), *Stylosanthes macrocephala* (18) e *Chenopodium album* (20). A tiuréia pode induzir alterações citológicas, morfológicas e fisiológicas nas plântulas (93), reduzindo a capacidade de sobrevivência, o que é vantajoso no que concerne ao controle de invasoras.

### Hormônios

A literatura sobre o efeito de hormônios na germinação de sementes é extremamente vasta. Os mais consistentes promotores parecem ser as giberelinas, citocininas e etileno. Aplicações de giberelinas e citocininas são limitadas pelo alto custo destes compostos (76). Etileno já é largamente utilizado na agricultura moderna, principalmente no controle da floração, maturação e indução de enraizamento e mais recentemente até na indução de germinação.

Nos Estados Unidos tem-se verificado o enorme efeito do etileno no decréscimo de bancos de sementes de invasoras parasitas do gênero *Striga* (29, 4, 33). Egleby (33) obteve 91% de redução na população de *Striga hermonthica* através de uma simples injeção de gás etileno a 20 cm de profundidade no solo. A difusão do gás foi detectada a 90 cm de profundidade e 120 cm lateralmente em relação ao ponto de aplicação. Witt & Weber (117) observaram que a aplicação de etileno provocou um aumento de pelo menos 50% na germinação de *Striga lutea* a 2.1 m em sentido horizontal e 0.7 m verticalmente ao ponto de aplicação e 90% foi obtido a 0.7 m e 0.3 m em sentido horizontal e vertical, respectivamente.

Níveis estimulatórios de etileno foram mantidos no solo até 6 horas após aplicação, sendo que 2 horas de contato são suficientes para desencadear a germinação em sementes de *Striga* spp sob condições favoráveis (33). Métodos de aplicação de etileno no campo foram desenvolvidos pelo

Departamento de Agricultura dos Estados Unidos e em 1981 ao redor de 6000 hectares infestados com *Striga* spp já haviam sido tratados (31). Por estas evidências conclui-se que o etileno é o hormônio com maior potencial de uso no controle de bancos de sementes no solo pelo menos a curto prazo.

### **Outros compostos**

Fawcett & Slife (41) demonstraram a ação de certos herbicidas carbamatos no estímulo a germinação de sementes de *Abutilon theophrasti* e *Chenopodium album* no campo. Esta observação foi confirmada posteriormente para outras espécies invasoras de folhas largas por Hurtt & Taylorson (58), apesar da estimulação não ser consistente em diferentes áreas e épocas de aplicação.

Compostos peróxidos, tais como peróxido de cálcio e peróxido de magnésio tem sido testados em experimentos a nível de campo na peletização de sementes de certas culturas. (16, 56, 63). Certo sucesso tem sido obtido no aumento da germinação, principalmente em arroz inundado devido às condições de anaerobiose total ou parcial (64), através do aumento na concentração de oxigênio nas proximidades das sementes. Iniciou-se a peletização de sementes de arroz em escala comercial em 1981 no Japão e em 1983 1.500 hectares foram plantados com sementes peletizadas naquele país (64). Há também relatos sobre o estímulo por compostos peróxidos na germinação de sementes de certas invasoras em condições controladas (57, 20).

Vários outros compostos, muitos dos quais sintéticos, tem sido apontados como promotores de germinação de sementes de certas invasoras. O regulador sintético de crescimento 1-(3-chlorophthalimido) cyclohexanecarboxamida (AC 94377) com propriedades semelhantes a giberelina, promoveu a germinação de 17 em 24 espécies *in vitro* a 22°C (13). Peters & West (76) conseguiram estimular a germinação de sementes de *Bromus sterilis* localizadas na superfície do solo através da pulverização deste composto no campo, mas o efeito foi bastante reduzido nas sementes enterradas.

A germinação de sementes de *Apium graveolens* foi incrementada com ácido N-dimethylamino succinâmico (101). Alguns análogos sintéticos do strigol foram eficientes na germinação de sementes de *Striga hermonthica* (3) e *Avena falua* (15). Thidiazuron, um regulador sintético com propriedades semelhantes a citocinina induziu germinação e desenvolvimento de haustório em *Striga asiatica* e *S. gesnerioides* (3). Etanol pode promover a germinação através de suas propriedades anestésicas (100) ou substrato para a respiração (28).

Condicionadores de solo também tem sido testados no incremento da germinação de sementes a campo. Roberts *et al.* (91) observaram aumento na emergência de invasoras em até 50% através da aplicação de 50 kg.ha<sup>-1</sup> de xantato de celulose no solo. De acordo com os autores, esta substância aumenta a aeração do solo pela preservação da microtopografia da superfície e prevenção da formação de crosta endurecida após chuvas.

### **Interação entre substâncias químicas e ambiente**

Apesar de inúmeros relatos sobre estimulantes de germinação em laboratório, o sucesso de tais compostos no

campo tem sido escasso ou limitado a uma ou poucas espécies. Isto se deve em grande parte à instabilidade dos compostos no solo e à necessidade de fatores ambientais favoráveis para a ação de tais compostos. A germinação de sementes no campo resulta das ações e interações de vários agentes estimulantes, como temperatura, umidade, luz e substâncias químicas. Carmona *et al.* (20) verificaram que a ação de promotores de germinação depende de temperatura adequada e luz em certos casos (55) e do grau de dormência das sementes.

Nitrato tem pouco ou nenhum efeito quando aplicado sozinho em certas espécies invasoras. Entretanto, apresenta freqüentes interações positivas quando usado em seqüência ou combinado, com luz, temperaturas baixas ou alternadas (55, 108, 83, 56, 85). Roberts & Benjamin (81) observaram interação positiva de segunda ordem (nitrato x luz x temperaturas alternadas) na germinação de *Chenopodium album*. Probert *et al.* (79) constataram que temperaturas alternadas interagem positivamente não só com nitrato, mas também com tiuréia na germinação de *Ranunculus sceleratus*.

Mekki & Leroux (69) sugeriram que a umidade do solo interage positivamente com etileno na germinação de *Matricaria maritima*. Nitrato de potássio, tiuréia, etileno e azida de sódio interagem com temperaturas alternadas na promoção de germinação em sementes de *Chenopodium album* (20). A azida de sódio interage positivamente com baixas temperaturas (3 - 10°C) na germinação de sementes de *Avena falua* (20).

O pH do solo é também um aspecto extremamente importante a ser considerado no estudo de potenciais tratamentos químicos na superação de dormência de sementes. A resposta de sementes de arroz vermelho (*Oryza saliva*) a nitrito, azida, cianeto e hidroxilamina depende do pH (23, 24, 103). Os autores concluíram que a atividade destas substâncias na superação de dormência é observada em valores de pH que favorecem a forma neutra dos compostos. Carmona *et al.* (20) verificaram que a azida de sódio promove a germinação de sementes de *Avena falua* em solo com pH neutro ou básico, mas é extremamente deletéria a semente em pH ácido (4.0). Harada (52) observou que para o estímulo à germinação de sementes de girassol através do etileno é necessário ajustar o pH para 6.0 afim de evitar-se injúrias à semente.

### **Efeitos aditivos e interativos entre compostos**

A eficiência de promotores de germinação pode ser aumentada, sob condições adversas de temperatura, pela combinação de substâncias promotoras distintas (20), através de efeitos aditivos e interações positivas. Um importante exemplo do potencial de tais tratamentos é a forte interação positiva entre etileno e nitrato na germinação de várias espécies. O efeito desta interação foi observado em sementes de *Portulaca oleracea* L. (32), *Avena falua* L. (94, 20), *Chenopodium album* (95, 96, 20), *Matricaria maritima* (69) e *Amaranthus retroflexus* L. (34).

Carmona *et al.* (20) observaram várias interações algumas positivas outras negativas entre nitrato de potássio, etileno, azida de sódio, tiuréia e peróxido de hidrogênio na germinação de sementes de *C. album*. Ocorreram interações significativas a nível de primeira, segunda, terceira e até

quarta ordem entre os compostos. Essas observações demonstram o potencial do uso de misturas de compostos na supressão de dormência de sementes.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As plantas invasoras são extremamente adaptadas a ambientes constantemente perturbados principalmente devido a fatores ligados às sementes, tais como: elevada produção, eficiente dispersão em algumas espécies, longevidade e especialmente dormência. Estas características geram grandes bancos de sementes no solo, o que garante o potencial regenerativo de várias espécies mesmo na ausência de produção de sementes por longo período. Os bancos de sementes no solo consistem, portanto, na principal dificuldade no controle de plantas invasoras.

O tamanho do banco de sementes num dado momento é o resultado do balanço entre entradas e perdas. O acréscimo de sementes no banco dá-se principalmente pela produção de sementes pelas plantas e em menor escala através do transporte por agentes naturais ou não. Todas as práticas que limitem este acréscimo contribuem para a diminuição de problemas com futuras infestações. Conseqüentemente, os cuidados com floração e produção de sementes por plantas invasoras não devem ser restritos ao período em que as mesmas podem oferecer competição às culturas. O uso de pastoreio intensivo durante os intervalos entre cultivos, por exemplo, pode ser uma importante estratégia para diminuir o tamanho do banco de sementes.

As principais formas de perdas de sementes no solo ocorrem através da deterioração ou senescência, ataque de microrganismos, predação animal, transporte e principalmente germinação. O aceleramento da taxa normal de decréscimo pode ser conseguido tanto através de tratamentos que afetem a viabilidade como a germinação das sementes. Conforme relatado algumas sementes podem reter a viabilidade por anos ou mesmo séculos no solo. Afetar a taxa de germinação parece mais fácil de ser conseguida, pois há vários relatos a respeito de agentes superadores de dormência em relação a tratamentos deletérios a campo.

Várias práticas agrônômicas podem acelerar a taxa de decréscimo de sementes no solo. Geralmente a taxa de decréscimo é maior quando as sementes concentram-se sobre o solo ou próximo à superfície do mesmo, devido a mais rápida perda de viabilidade e estímulo a germinação. Isto se deve a fatores ambientais como maiores oscilações de temperatura e umidade, luz, nitrato e predação por animais e microrganismos, os quais são mais pronunciados na superfície do solo.

Em conseqüência, técnicas como o plantio direto ou preparo superficial do solo tendem a acelerar a taxa de decréscimo em sementes recém derrubadas em relação ao preparo convencional. Já o preparo convencional deve intensificar a taxa de decréscimo em sementes enterradas a maiores profundidades na medida em que as traga para próximo à superfície do solo.

Conforme amplamente discutido, a aplicação de certos compostos químicos a nível de campo pode contribuir para a aceleração da taxa de decréscimo de sementes de várias espécies no solo. Esta técnica tem grande potencial no manejo

e controle de invasoras. Entretanto, seu sucesso a nível de campo é freqüentemente menor do que em laboratório devido a fatores ambientais não controláveis e à dificuldade em obter-se concentração estimulatória por tempo suficiente. Devido ao fato do efeito de estimulantes de germinação normalmente interagir com fatores ambientais, a melhor época para aplicação desses compostos no campo deve coincidir com o período em que a emergência é máxima, pois nesta fase o ambiente é o mais favorável. A mistura de compostos com diferentes mecanismos de ação pode aumentar a eficiência de tratamentos químicos devido a efeitos aditivos e interativos entre os mesmos.

Os esforços de pesquisa na área de controle de invasoras sempre foram mais intensos em plantas já estabelecidas, havendo disponíveis no mercado uma série de herbicidas eficientes porém muitas vezes onerosos. Muito pouco tem sido feito no que concerne à fonte deste problema que são os bancos de sementes no solo. Lebaron (1990), presidente da Sociedade Americana de Ervas Daninhas (WSSA) resumiu bem a importância de estudos com bancos de sementes no solo: "Se pudéssemos de alguma maneira desencadear a germinação de todas ou a maioria das sementes de invasoras no solo simultaneamente, induzir dormência permanente ou matá-las, haveria cada vez menor necessidade de herbicidas em cada acre de terra".

## LITERATURA CITADA

- 1 - ADKINS, S.W.; SIMPSON, G.M. & NAYLOR, J.M. The physiological basis of seed dormancy in *Avena fatua* III. Action of nitrogenous compounds. *Physiologia Plantarum*, **60**: 227-233, 1984.
- 2 - AGENBAG, G.A. & VILLIERS, O.T. The effect of nitrogen fertilizers on the germination and seedling emergence of wild oat (*Avena fatua* L.) seed in different soil types. *Weed Research*, **29**: 239-245, 1989.
- 3 - BABIKER, A.G.T. & HAMDOUN, A.M. Factors affecting the activity of GR7 in stimulating germination of *Striga hermonthica* (Del.) Benth. *Weed Research*, **22**: 111-116, 1982.
- 4 - ---- Factors affecting the activity of ethephon in stimulating seed germination of *Striga hermonthica* (Del.) Benth. *Weed Research*, **23** (3): 125-131, 1983.
- 5 - BAKER, A.M. & HATTON, W. Calcium peroxide as a seed coating material for paddy rice. I- Requirements for and provision of oxygen. *Plant and Soil*, **99**: 357-363, 1987a.
- 6 - ---- Calcium peroxide as a seed coating material for paddy rice. III- Glasshouse trials. *Plant and Soil*, **99**: 379-386, 1987b.
- 7 - BAKER, H.G. Some aspects of natural history of seed banks. In: Leck, M.A.; Parker, V.T. & Simpson, R.L. (ed.) *Ecology of soil seed banks*. Academic Press, New York, 1989, p.9-21.
- 8 - BALL, D.A. Weed seed bank response to tillage, herbicides, and crop rotation sequence. *Weed Science*, **40** (4): 654-659, 1992.



- 9 - BARRALIS, G. & CHADOEUF, R. Potentiel semencier des terres arables. *Weed Research*, **27**: 417-424, 1987.
- 10 - BASKIN, J.M. & BASKIN, C.C. The annual dormancy cycle in buried weed seeds: a continuum. *Bioscience*, **35** (8): 492-498, 1985.
- 11 - BASKIN, J.M. & BASKIN, C.C. Physiology of dormancy and germination in relation to seed bank ecology. In: Leck, M.A.; Parker, V.T. & Simpson, R.L. (ed.). *Ecology of Soil Seed Banks*. Academic Press, New York, 1989, p.53-55.
- 12 - BEWLEY, J.D. & BLACK, M. *Seeds- Physiology of development and germination*. Plenum Press, New York, 1986, 367p.
- 13 - BOND, W. & BURCH, P.J. Responses of dry-stored seed of *Solanum nigrum* L. to the germination stimulant AC 94377. *Annals of Applied Biology*, **116**: 84-85, 1990.
- 14 - BOUWMEESTER, H.J. & KARSSSEN, C.M. Environmental factors influencing the expression of dormancy patterns in weed seeds. *Annals of Botany*, **63**: 113-120, 1989.
- 15 - BRADOW, J.M.; CONNICK, W.J.; PEPPERMAN, A.B. & WARTELLE, L.H. Germination stimulation in Wild Oats (*Avena fatua* L.) by synthetic Strigol Analogs and Gibberelic Acid. *Journal of Plant Growth Regulation*, **9** (1): 35-41, 1990.
- 16 - BROCKLEHURST, P.A. & DEARMAN, J. Effects of calcium peroxide as a supplier of oxygen for seed germination and seedling emergence in carrot and onion. *Seed Science and Technology*, **11** (2): 293-299, 1983.
- 17 - CAIXINHAS, M.L. (1984). Etudes sur la germination apres enfouissement et les emergences des mauvaises herbes. *Proceedings EWRS 3rd Symposium on Weed Problems in the Mediterranean Area*, 1984, p.63-72.
- 18 - CARMONA, R.; FERGUSON, J.E. & MAIA, M.S. Germinação de sementes em *Stylosanthes macrocephala* M.B., Ferr. et Sousa Costa e *S. capitata* Vog. in Linnaea. *Revista Brasileira de Sementes*, **8** (3): 19-28, 1986.
- 19 - CARMONA, R.; MURDOCH, A.J. & ROBERTS, E.H. Field applications of chemicals to deplete weed seed banks. *Journal of Applied Ecology* (no prelo).
- 20 - CARMONA, R.; MURDOCH, A.J. & ROBERTS, E.H. Interactions of dormancy-relieving compounds on weed seed germination. *Seed Science & Research* (no prelo).
- 21 - CARDINA, J.; REGNIER, E. & HARRISON, K. Long-term tillage effects on seed banks in three Ohio soils. *Weed Science*, **39**: 186-194, 1991.
- 22 - CAVERS, P.B. & BENOIT, D.L. Seed banks in amble land. In: Leck, M.A.; Parker, V.T. & Simpson, R.L. (ed.) *Ecology of Soil Seed Banks*. Academic Press, New York, 1989, p309-328.
- 23 - COHN, M.A.; BUTERA, D.L. & HUGHES, J.A. Seed dormancy in red rice, response to nitrite and ammonium ions. *Plant Physiology*, **73**: 381-384, 1983.
- 24 - COHN, M.A. & HUGHES, J.A. Seed dormancy in red rice, response to azide, hydroxylamine and cyanide. *Plant Physiology*, **80**: 531-533, 1986.
- 25 - CONN, J.S. Seed viability and dormancy of 17 weed species after burial for 4.7 years in Alaska. *Weed Science*, **38**: 134-138, 1990.
- 26 - COOK, R. The biology of seeds in the soil. In: Solbrig, O.T. (ed). *Demography and evolution in plant populations*. University of California Press, Berkeley, 1980, p.107-129.
- 27 - COUSENS, R. & MOSS, S. R. A model of the effects of cultivation on the vertical distribution of weeds within the soil. *Weed Research*, **30**: 61-70, 1990.
- 28 - CORBINEAU, F.; GOUBLE, B.; LECAT, S. & COME, D. Stimulation of germination of dormant oat (*Avena sativa* L.) seeds by ethanol and other alcohols. *Seed Science Research*, **1** (1): 21-28, 1991.
- 29 - EGLEY, G.H. & DALE, J.E. Ethylene, 2-chlorethyl-phosphonic acid, and witch weed germination. *Weed Science*, **18**: 586-589, 1970.
- 30 - EGLEY, G.H. & WILLIAMS, R.D. Glyphosate and Paraquat effects on weed seed germination and seedling emergence. *Weed Science*, **26** (3): 249-251, 1978.
- 31 - EGLEY, G.H. Ethylene stimulation of weed seed germination. *Agriculture and Forestry Bulletin*, University of Alberta, **5** (1): 13-18, 1982.
- 32 - ---- Ethylene, nitrate and nitrite interactions in the promotion of dark germination of common purslane seeds. *Annals of Botany*, **53** (6): 833-840, 1984.
- 33 - ---- Stimulation of weed seed germination in soil. *Reviews of Weed Science*, **2**: 67-89, 1986.
- 34 - ---- Some effects of nitrate-treated soil upon the sensitivity of buried redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) seeds to ethylene, temperature, light and carbon dioxide. *Plant, Cell and Environment*, **12**: 581-588, 1989.
- 35 - ---- High-temperature effects on germination and survival of weed seeds in soil. *Weed Science*, **38**: 429-435, 1990.
- 36 - EGLEY, G.H. & WILLIAMS, R.D. Emergence and periodicity of six summer annual weed species. *Weed Science*, **39**: 595-600, 1991.
- 37 - ELLIS, R.H. & ROBERTS, E.H. Improved equations for the prediction of seed longevity. *Annals of Botany*, **45**: 13-30, 1980.
- 38 - ESASHI, Y.; OHHARA, Y.; OKAZAKI, M. & HISHINUMA, K. Control of cocklebur seed germination by nitrogenous compounds: nitrite, nitrate, hydroxylamine, thiourea, azide and cyanide. *Plant and Cell Physiology*, **20** (2): 349-361, 1979.

- 39 - ESASHI, Y.; FUWA, N.; KOJIMA, K. & HASE, S. Light actions in the germination of cocklebur seeds. IV- Disappearance of red light requirement for the germination of upper seeds subject to anoxia, chilling, cyanide or azide pretreatment. *Journal of Experimental Botany*, 37 (184): 1652-1662, 1986.
- 40 - ESPEBY, L. Germination of weed seeds and competition in stands of weeds and barley - influences of mineral nutrients. *Crop Production Science*, 6: 1-172, 1989.
- 41 - FAWCETT, R.S. & SLIFE, F.W. Germination stimulation properties of carbamate herbicides. *Weed Science*, 23: 419-424, 1975.
- 42 - ---- Effects of field applications of nitrate on weed seed germination and dormancy. *Weed Science*, 26 (6): 594-596, 1978.
- 43 - FAY, P.K. & GORECKI, R.S. Stimulating germination of wild oat seed with sodium azide. *Farm Research*, 35 (5): 3-5, 1978.
- 44 - FAY, P.K. GORECKI, R.S. & FUERST, P.M. Coating sodium azide granules to enhance seed germination. *Weed Science*, 28 (6): 674-677, 1980.
- 45 - FELLOWS, G.M.; FAY, P.K. & FOLEY, M.E. The characteristics of secondary dormant wild oat (*Avena fatua* L.) seed. *Proceedings of the Western Society of Weed Science*, 38: 105-107, 1985.
- 46 - FENNER, M. The effects of the parent environment on seed germinability. *Seed Science Research*, 1: 75-84, 1991.
- 47 - FOSTER, L. The biology and non-chemical control of dock species *Rumex obtusifolius* and *R. crispus*. *Biological Agriculture and Horticulture*, 6: 11-25, 1989.
- 48 - FROUD-WILLIAMS, R.J. The influence of straw disposal and cultivation regime on the population dynamics of *Bromus sterilis*. *Annals of Applied Biology*, 103: 139-148, 1983.
- 49 - FROUD-WILLIAMS, R.J.; CHANCELLOR, R.J. & DRENNAN, D.S.H. The effects of seed burial and soil disturbance on emergence and survival of arable weeds in relation to minimal cultivation. *Journal of Applied Ecology*, 21: 629-641, 1984.
- 50 - GLOBERSON, D. Germination and dormancy breaking by ethephon in mature and immature seeds of *Medicago trunculata* (Medic.) and *Trifolium subterraneum* (Clover). *Australian Journal of Agricultural Research*, 29 (1): 43-49, 1978.
- 51 - HAKANSSON, S. Seasonal influence on germination of weed seeds. *Proceedings Symposium The Influence of Different Factors on the Development and Control of Weeds*, 1979, p.73-80.
- 52 - HARADA, W.S. The effects of ethephon on dormant seeds of cultivated sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Proceedings of 10th International Sunflower Conference*, Australian Sunflower Association, 1982, p.8-11.
- 53 - HARMON, G.W. & KEIM, F.D. The percentage and viability of weed seeds in the faeces of farm animals and their longevity when buried in manure. *Journal of American Society of Agronomy*, 26: 762, 1934.
- 54 - HARPER, J.L. The ecological significance of dormancy and its importance in weed control. *International Congress of Plant Protection*, 4: 415-420, 1957.
- 55 - HENSON, I.E. The effects of light, potassium nitrate and temperature on the germination of *Chenopodium album* L. *Weed Research*, 10: 27-39, 1970.
- 56 - HILTON, J.R. The influence of light and potassium nitrate on the dormancy and germination of *Avena fatua* L. (Wild Oat) seed and its ecological significance. *New Phytologist*, 96: 31-34, 1984.
- 57 - HSIAO, A.I.S. & Quick, W.A. Actions of sodium hypochlorite and hydrogen peroxide on seed dormancy and germination of wild oats (*Avena fatua*). *Weed Research*, 25: 281-288, 1985.
- 58 - HURTT, W. & TAYLORSON, R.B. Chemical manipulation of weed emergence. *Weed Research*, 26 (4): 259-267, 1986.
- 59 - International Seed Testing Association. International rules for seed testing. Rules 1985. *Seed Science and Technology*, 13: 299-355, 1985a.
- 60 - ---- International rules for seed testing. Annexes 1985. *Seed Science and Technology*, 13: 356-513, 1985b.
- 61 - ISHIKURA, N. & SOGA, Y. Studies on the ecology and control of perennial weed *Scirpus* in paddy field. 2. Effects of temperature and light during the stratified period on the dormancy-awakening of seeds of *Scirpus juncooides* Roxb. var *ohwainus* T. Koyama. *Weed Research*, 24 (1): 28-32, 1979.
- 62 - KARSSSEN, C.M. Seasonal patterns of dormancy in weed seeds. In: Khan, A.A. (ed.) *The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination*. Elsevier Biomedical Press, New York, 1982, p.243-270.
- 63 - KOOLE, P. *The establishment of soybean (Glycine max (L.) Merr.) in wetland soil after rice and its response to calcium peroxide*. Ph.D. thesis, University of Reading, 1985, 230p.
- 64 - LEAVER, J.P. & ROBERTS, E.H. Peroxides in seed coatings. *Outlook on Agriculture*, 13 (3): 147-153, 1984.
- 65 - LEBARON, H.M. Weed science in the 1990's: will it be forward or in reverse? *Weed Technology*, 4: 671-689, 1990.
- 66 - LEWIS, J. Longevity of crop and weed seeds: survival after 20 years in soil. *Weed Research*, 13: 179-191, 1973.
- 67 - LOCKHART, J.A.R.; SAMUEL, A. & GREAVES, M.P. The evolution of weed control in British agriculture. In: Hance, R.J. & Holly, K. (ed.) *Weed Control Handbook: Principles*. Blackwell Scientific Publications, 8th ed., 1990, p.43-74.

- 68 - LOUDA, S.M. Predation in the dynamics of seed regeneration. In: Leck, M.A.; Parker, V.T. & Simpson, R.L. (ed.) *Ecology of Soil Seed Banks*. Academic Press, New York, 1989, p.25-52.
- 69 - MEKKI, M. & LEROUX, G.D. False chamomile seed germination requirements and its enhancement by ethephon and nitrate. *Weed Science*, 39: 385-389, 1991.
- 70 - MITICH, L.W. Intriguing world of weeds. Common Lambsquarters. *Weed Technology*, 2: 550-552, 1988.
- 71 - MORTIMER, A.M. The biology of weeds. In: Hance, R.J. & Holly, K. (ed.) *Weed control handbook: principles*. Blackwell Scientific Publications, 8 ed., 1990, p.1-42.
- 72 - MURDOCH, A.J. *Factors influencing the depletion of annual weed seeds in the soil*. Ph.D. thesis, University of Reading, UK, 1982, 222p.
- 73 - MURDOCH, A.J. & ELLIS, R.H. Longevity, viability and dormancy. In: Fenner, M. (ed.) *Seeds: the Ecology of Regeneration in Plant Communities*, CABI, Wallingford, UK, 1992, p.193-229.
- 74 - PARKER, V.T.; SIMPSON, R.L. & LECK, M.A. Pattern and process in the dynamics of seed banks. In: Leck, M.A.; Parker, V.T. & Simpson, R.L. (ed.) *Ecology of Soil Seed Banks*. Academic Press, New York, 1989, p.367-384.
- 75 - PETERS, N.C.B. & WILSON, B.J. Dormancy in wild oat seed and its agricultural significance. *Eighth Report Agricultural Research Council Weed Research Organization 1978- 1979*, 1980, p.52-58.
- 76 - PETERS, N.C.B. & WEST, T.M. Stimulation of *Bromus sterilis* seed germination by 1-(3-chlorophthalimido) cyclohexanecarboxamide (AC 94377) or gibberellic acid (GA3). Brighton Crop Protection Conference - Weeds, 1991, p.171-176.
- 77 - POPINIGIS, F. *Fisiologia da Semente*. Ministério da Agricultura. AGIPLAN, 1977, 289p.
- 78 - PRIESTLEY, D.A. *Seed ageing. Implications for seed storage and persistence in the soil*. Comstock Publishing Associates, New York, 1986, 245p.
- 79 - PROBERT, R.J.; GAJJAR, K.H. & HASLAM, I.K. The interactive effects of phytochrome, nitrate and thiourea on the germination response to alternating temperatures in seeds of *Ranunculus sceleratus* L.: a quantal approach. *Journal of Experimental Botany*, 38 (191): 1012-1025, 1987.
- 80 - ROBERTS, E.H. & SMITH, R.D. Dormancy and the pentose phosphate pathway. From : Khan, A.A. (ed.) *The Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination*. Elsevier/North Holland Biomedical Press, Amsterdam, 1977, p.385-411.
- 81 - ROBERTS, E.H. & BENJAMIN, S.K. The interaction of light, nitrate and alternating temperature on the germination of *Chenopodium album*, *Capsella bursa-pastoris* and *Poa annua* before and after chilling. *Seed Science and Technology*, 7: 379-392, 1979.
- 82 - ROBERTS, E.H. Weed control in amenity plantings. Weeds from seeds. *Proceedings of the Conference on Weed Control in Amenity Plantings*, University of Bath, 1980, p.18-21.
- 83 - ROBERTS, E.H. The interaction of environmental factors controlling loss of dormancy in seeds. *Annals of Applied Biology*, 98: 552-555, 1981.
- 84 - ROBERTS, E.H. & TOTTERDELL, S. Seed dormancy in *Rumex* species in response to environmental factors. *Plant, Cell and Environment*, 4: 97-106, 1981.
- 85 - ROBERTS, E.H.; MURDOCH, A.J. & ELLIS, R.H. The interaction of environmental factors and seed dormancy. *Proceedings of the British Crop Protection Conference - Needs*, 1987, p.687-694.
- 86 - ROBERTS, E.H. Temperature and seed germination. In: Long, S.P. & Woodward, F.I. (ed.) *Plants and Temperature. Symposia of the Society of Experimental Biology*, 42, 1988, 415p.
- 87 - ROBERTS, H.A. & DAWKINS, P.A. Effect of cultivation on the numbers of viable weed seeds in soil. *Weed Research*, 7: 290-301, 1967.
- 88 - ROBERTS, H.A. & FEAST, P.M. Fate of seeds of some annual weeds in different depths of cultivated and undisturbed soil. *Weed Research*, 12: 316-324, 1972.
- 89 - ROBERTS, H.A. & NEILSON, J.E. Seed survival and periodicity of seedling emergence in some species of *Atriplex Chenopodium*, *Polygonum* and *Rumex*. *Annals of Applied Biology*, 94: 111-120, 1980.
- 90 - ROBERTS, H.A. Seed Banks in Soils. *Advances in Applied Biology*, 6: 1-55, 1981.
- 91 - ROBERTS, H.A.; BOND, W.; WALKER, A. & PAGE, E.R. Cellulose xanthate as a soil conditioner: implications for weed control with some soil-applied herbicides. *Annals of Applied Biology*, 98: 121-129, 1981.
- 92 - ROBERTS, H.A. & NEILSON, J.E. Seed banks of soil under vegetable cropping in England. *Weed Research*, 22: 13-16, 1982.
- 93 - RODRIGUEZ, D.; MATTILA, A.; ALDASORO, J.; HERNANDEZ-NISTAL, J. & NICOLAS, G. Germination of *Cicer arietinum* seeds and thiourea - induced phytotoxicity. *Physiologia Plantarum*, 57 (2): 267-272, 1983.
- 94 - SAINI, H.S.; BASSI, P.K.; GOUDEY, J.S. & SPENCER, M.S. Germination stimulants for more effective weed control. *Agriculture and Forestry Bulletin*, 9 (4): 10-12, 1986a.
- 95 - SAINI, H.S.; BASSI, P.K. & SPENCER, M.S. Use of ethylene and nitrate to break dormancy of Common Lambsquarters (*Chenopodium album*). *Weed Science*, 34: 502-506, 1986b.
- 96 - SAINT, H.S. & SPENCER, M.S. Manipulation of seed nitrate content modulates the dormancy-breaking effect of ethylene on *Chenopodium album* seed. *Canadian Journal of Botany*, 65 (5): 876-878, 1987.

- 97 - SCHREIBER, M. Influence of tillage, crop rotation, and weed management on Giant Foxtail (*Setaria faberi*) population dynamics and corn field. *Weed Science*, **40** (4): 645-653, 1992.
- 98 - SCHWEIZER, E.E. & ZIMDAHL, R.I. Weed seed decline in irrigated soil after rotation of crops and herbicides. *Weed Science*, **32**: 84-89, 1984.
- 99 - SOMODY, C.N.; NALEWAJA, J.D. & MILLER, S.D. Microenvironment and wild oats dormancy. In: *Proceedings North Central Weed Control Conference*, **35**: 83, 1980.
- 100 - TAYLORSON, R.B. & HENDRICKS, S.B. Phytochrome control of germination of *Rumex crispus* L. seeds induced by temperature shifts. *Plant Physiology*, **50**: 645-648, 1972.
- 101 - THOMAS, T.H. Why hormone seed treatments fail to have a field day. *Aspects of Applied Biology*, **21**: 136, 1989.
- 102 - THOMPSON, K. & GRIME, J.P. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology*, **67**: 893-921, 1979.
- 103 - TILSNER, H.R. & UPADHYAYA, M.K. The effect of pH on the action of respiratory inhibitors in *Avena falua* seeds. *Annals of Botany*, **64**: 707-711, 1989.
- 104 - TOOLE, E.H. & BROWN, E. Final results of the Duvel buried seed experiment. *Journal of Agricultural Research*, **72**: 201, 1946.
- 105 - TOTTERDELL, S. A study of dormancy in *Rumex crispus* L. Ph.D. thesis, University of Reading, UK, 1974, 119 p.
- 106 - VAN ASSCHE, J.A. & VANLERBERGHE, K.A. The role of temperature on the dormancy cycle of seeds of *Rumex obtusifolius* L. *Functional Ecology*, **3**: 107-115, 1989.
- 107 - VILLIERS, T.A. Ageing and the longevity of seeds in field conditions. In: Heydecker, W. (ed.). *Seed Ecology*. Butterworths, London, 1973, p.265-288.
- 108 - VINCENT, E.M. & ROBERTS, E.H. The interaction of light, nitrate and alternating temperature in promoting the germination of dormant seeds of common weed species. *Seed Science & Technology*, **5**: 659-670, 1977.
- 109 - VINCENT, E.M. & CAVERS, P.B. The effects of wetting and drying on the subsequent germination of *Rumex crispus*. *Canadian Journal of Botany*, **56**: 2207-2217, 1978.
- 110 - WATKINS, F.B. Effect of nitrogen fertilizer on the emergence of wild oat (*Avena ludoviciana*). *Queensland Journal of Agriculture and Animal Science*, **23**: 87-89, 1966.
- 111 - ---- Effect of stubble burning and applied nitrogen on wild oat (*Avena ludoviciana*) germination. *Queensland Journal of Agriculture and Animal Science*, **27**: 49-53, 1970.
- 112 - ---- Effects of annual dressings of nitrogen fertilizer on wild oat infestations. *Weed Research*, **11**: 292-301, 1971.
- 113 - WEAVER, S.E. & CAVERS, P.B. Dynamics of seed population of *Rumex crispus* and *Rumex obtusifolius* (Polygonaceae) in disturbed and undisturbed soil. *Journal of Applied Ecology*, **16**: 909-917, 1979.
- 114 - WILLIAMS, E.D. Germination and longevity of seeds of *Agropyron repens* L. Beauv. and *Agrostis gigantea* Roth. in soil in relation to different cultivation regimes. *Weed Research*, **18**: 129-138, 1978.
- 115 - WILSON, B.J. The influence of reduced cultivations and direct drilling on the long-term decline of a population of *Avena falua* L. in spring barley. *Weed Research*, **21**: 23-28, 1981.
- 116 - WILSON, R.G. Biology of weed seeds in the soil. In: Altieri, M.L. & Liebman, M. (ed.) *Weed management in agroecosystem: Ecological Approaches*. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL., 1988, p.25-39.
- 117 - WITT, W.W. & WEBER, B. Ethylene adsorption and movement in soils and adsorption by soil constituents. *Weed Science*, **23**: 302-307, 1975.
- 118 - YENISH, J.P.; DOLL, J.D. & BUHLER, D.D. Effects of tillage on vertical distribution and viability of weed seed in the soil. *Weed Science*, **40** (3): 429-433, 1992.