

Recebido em 18 de Junho de 2003

Influência dos sistemas de mobilização do solo no banco de sementes

LUÍS S. DIAS ⁽¹⁾

RESUMO

A distribuição vertical no solo do banco de sementes em terrenos não mobilizados há pelo menos dez anos foi caracterizada recorrendo ao tamanho e forma das sementes. A distribuição vertical diferia entre sementes aproximadamente esféricas e não esféricas e entre tamanhos. A profundidade preferencial de localização era inversamente proporcional ao tamanho em sementes não esféricas e em sementes esféricas de tamanhos intermédios e grandes. Em sementes esféricas pequenas observou-se uma localização preferencialmente superficial. Os efeitos da lavoura na distribuição vertical são independentes do tamanho e forma das sementes, dependendo unicamente da sua localização anterior. A escarificação afunda sementes esféricas grandes e faz subir todas as não esféricas enquanto que a gradagem tende a fazer subir as sementes mais profundas e a descer as mais superficiais. Na escarificação e gradagem as sementes esféricas pequenas mantêm a sua localização superficial.

Palavras-chave: Distribuição vertical; Escarificação; Forma das sementes; Gradagem; Lavoura; Movimentação vertical; Tamanho das sementes.

ABSTRACT

The vertical distribution of seed banks in soils not tilled for at least ten years was characterized by seed size and shape. The vertical distribution differed between roughly spherical and non spherical seeds, and among sizes. The depth of location was inversely proportional to size in non spherical seeds and in medium to great spherical seeds, while small spherical seeds were located near the surface. The effects of plough in the vertical distribution was independent of size and shape, depending only upon their previous location. Tine cultivation moves downward greater spherical seeds and upward non spherical seeds of all sizes, while harrowing moves deeper seeds upward and shallow seeds downward. In both cultivations, small spherical seeds remain near the surface.

Keywords: Harrowing; Plough; Seed shape; Seed size; Tine cultivation; Vertical distribution; Vertical movement.

⁽¹⁾ Professor Associado, Chemical Ecology Unit, Universidade de Évora, Ap. 94, 7002-554 Évora, Portugal. E-mail: lsdias@uevora.pt.

1. Introdução

O banco de sementes do solo é constituído pelo conjunto de sementes que se encontram no solo num determinado momento e, em rigor, inclui todas as estruturas capazes de originar uma nova planta (sementes, frutos e, consoante o método de quantificação, também bolbos ou outras estruturas de propagação vegetativa).

A sua importância em estudos da dinâmica de vegetação é evidente, na medida em que o fluxo de sementes ou outros propágulos que entram ou saem de uma qualquer unidade de habitat determina a população potencial desse habitat e, portanto, do balanço entre as entradas e saídas de propágulos resulta a vegetação potencial, não sendo possível discutir aprofundadamente a dinâmica de populações de plantas sem considerar o banco de sementes (Harper, 1977).

Adicionalmente, o banco de sementes é um dos principais factores de permanência de populações de plantas, envolvendo desde escalas temporais pequenas (caso das espécies anuais que atravessam a parte mais desfavorável do ano sob a forma de sementes no solo) até escalas temporais maiores, como é o caso, paradigmático, ainda que trágico, das papoilas, nomeadamente *Papaver dubium* L., que reapareceram nos campos da Flandres durante a Grande Guerra (de onde tinham desaparecido com o fim das culturas cerca de 1870) como resultado da perturbação do solo devida ao rodado de viaturas militares, rebentamento de obuses e abertura de trincheiras e túmulos (Cavers & Benoit, 1989).

Iniciados provavelmente por Charles Darwin (Darwin, 1859), os estudos do banco de sementes têm aumentado muito rapidamente, sobretudo a partir dos anos '50 do século passado (Vyvey, 1989a,b), envolvendo quase inevitavelmente a contagem de um grande número de objectos (sementes ou plântulas) de um grande número de espécies. Adicionalmente, e como característica geral, os estudos do banco de sementes apresentam uma elevada variabilidade dificultando, naturalmente, não só a sua interpretação como a comparação entre estudos.

Como exemplo da variabilidade entre estudos, refiram-se 9 artigos publicados na *Weed Research* entre 1993 e 2002. Foram 72 as espécies consideradas importantes e identificadas pelos autores (Ambrosio *et al.*, 1997; Bàrberi & Cascio, 2001; Bàrberi *et al.*, 1998; Feldman *et al.*, 1997; Grundy *et al.*, 1996; Mayor & Dessaint, 1998; Popay *et al.*, 1994, 1995; Unger *et al.*, 1999). No entanto, só 2 espécies estavam presentes em mais de metade dos estudos (*Portulaca oleracea* L. em 6, *Chenopodium album* L. em 7) e 51 espécies (71%) apareciam num único estudo.

No entanto, as sementes são uma das estruturas das plantas com menor variabilidade intra-específica (Bradshaw, 1965; Harper, 1977; Harper *et al.*, 1970). O seu tamanho é fortemente hereditário (Austin, 1972; Drabo *et al.*, 1985) e, ao contrário do número, varia muito pouco com as condições ambientais (Bradshaw, 1965; Lloyd, 1987).

Eventualmente devido à sua reduzida plasticidade, a consideração do tamanho (e forma) das sementes e, por extensão, do tamanho (e forma) do banco de sementes poderá ser uma ferramenta particularmente útil para a explicação de uma grande variedade de aspectos da biologia e ecologia do banco de sementes, constituindo uma caixa negra, ou talvez opaca, capaz de “absorver” e explicar probabilisticamente, sem que necessariamente seja a causa, a composição química das sementes, sua germinação, dormência e fotoblastia, dispersão e predação, relação entre a vegetação potencial (expressa pelo banco de sementes) e a vegetação real, profundidade de emergência e persistência de sementes no solo (Dias, 1999).

Destes aspectos, e por se prenderem directamente com este trabalho, daremos dois exemplos da importância do tamanho (e forma) das sementes.

Barralis *et al.* (1988) estudaram o efeito da profundidade do enterramento de sementes de infestantes (até 17,5 cm) na emergência de plântulas. Analisando os resultados em termos de tamanho das sementes verifica-se que, em geral, a profundidade óptima para emergência era relativamente baixa e independente do tamanho, só ultrapassando 3 cm na espécie de sementes maiores (*Avena fatua* L., em que era 5 cm); em contrapartida, a profundidade máxima de que as plântulas emergiam era menos independente do tamanho, tendendo a aumentar com o tamanho das sementes, atingindo valores relativamente elevados (17,5 cm) em sementes grandes de *Galium aparine* L. e *Avena fatua* L. (Dias, 1999).

Relativamente à persistência de sementes no solo, Thompson *et al.* (1993) apresentaram uma classificação de sementes considerando persistentes (mais de 5 anos no solo) e temporárias. Foi encontrada uma boa relação entre a persistência e o tamanho e forma das sementes, com sementes aproximadamente esféricas e pequenas a serem persistentes e sementes aproximadamente esféricas e grandes a serem temporárias tal como sementes não esféricas de qualquer dimensão.

Tendo em conta a importância do tamanho (e forma) das sementes, particularmente na germinação, emergência e persistência procurou-se com este trabalho a) descrever a distribuição vertical no solo da abundância do banco de sementes através do tamanho e forma das sementes, b) comparar a distribuição vertical de sementes de tamanhos e formas e c) caracterizar os efeitos de três sistemas de mobilização (lavoura, escarificação e gradagem) na distribuição vertical de sementes.

2. Materiais e Métodos

2.1. Localização e delineamento experimental

O local de estudo localiza-se numa área de montado de azinheira muito aberto

ocupado por pastagem natural durante pelo menos dez anos. O declive era pouco acentuado e o solo, segundo a nomenclatura de Cardoso (1965), era hidromórfico sem horizonte eluvial para-aluviossolo de aluvião ou coluvial de textura ligeira. A textura era franco-arenosa com 50% de areia grossa, 24% de areia fina, 12% de limo e 14% de argila (análise efectuada pelo Laboratório Químico Agrícola da Universidade de Évora).

Antes das mobilizações foram estabelecidos, perpendicularmente ao declive, três blocos paralelos com $6 \times 2 \text{ m}^2$ separados 3 m entre si. Em cada bloco retiraram-se de forma sistemática 3 cilindros de 20 cm de profundidade com uma sonda de meia-cana de 5 cm \varnothing . Cada cilindro foi dividido em oito porções de 2,5 cm de comprimento. As 24 amostras dos três blocos foram guardadas individualmente a $-30 \text{ }^\circ\text{C}$ para processamento posterior.

A cada bloco foi aleatoriamente atribuída uma mobilização (lavoura, escarificação ou gradagem) com o número de passagens a resultar da compactação do solo. A lavoura foi feita por charrua de aivecas, reversível, de 2 ferros (3 passagens) seguida de uma passagem com grade de discos "off-set" de dois corpos com 11 discos de 24 polegadas; a profundidade da operação foi, de acordo com medições pontuais, entre 18 e 22 cm. A escarificação foi feita com escarificador de molas duplas, de 11 dentes (4 passagens) à profundidade média de 20 cm. A gradagem foi feita com grade de discos "off-set" de dois corpos com 11 discos de 24 polegadas (5 passagens); a profundidade da operação foi, de acordo com medições pontuais, superior a 8 cm e inferior a 10 cm tendo em média ultrapassado os 9 cm.

Cinco dias após as mobilizações foram retirados 3 cilindros em cada bloco, aproximadamente nos mesmos locais que anteriormente. O restante procedimento foi idêntico, com excepção do bloco sujeito a gradagem, que só foi amostrado até 10 cm de profundidade daí resultando 4 porções de 2,5 cm de comprimento por amostra.

2.2. Processamento das amostras

Cada amostra de 5 cm \varnothing e 2,5 cm de comprimento foi sujeita a uma crivagem sequencial auxiliada por um jacto de água quente e desagregação manual por crivos de malha 2,380, 0,850, 0,710, 0,560, 0,425, 0,355, 0,297, 0,250, 0,212 e 0,149 mm.

As fracções recolhidas nos crivos de malha 0,355 mm ou superior foram transferidas para papel de filtro, colocadas num funil de Büchner, secas por sucção com bomba de vácuo, transferidas para placas de Petri, acabadas de secar a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ e armazenadas para posterior contagem das sementes.

As fracções recolhidas nos restantes crivos foram separadamente transferidas para copos, com adição de uma solução aquosa de sulfato de magnésio a 250 g l^{-1} e agitadas até separar por diferença de densidade a porção mineral dos materiais

orgânicos e sementes. Os sobrenadantes foram transferidos para papel de filtro colocado num funil de Büchner, a água eliminada por sucção por bomba de vácuo, transferidos para placas de Petri onde acabaram de secar a 60 °C e armazenadas para posterior contagem das sementes. Em 10 amostras ocasionalmente seleccionadas os materiais não retidos nos crivos ou que ficavam no copo com a solução de sulfato de magnésio foram sujeitos ao mesmo procedimento para investigação da presença de sementes. A fracção retida no crivo de malha 2.380 mm era examinada directamente. Todas as restantes foram observadas com estereomicroscópio binocular.

As sementes só foram contadas quando consideradas viáveis de acordo com a sua resistência a uma ligeira pressão (Ball & Miller, 1989; Panetta, 1985; Pareja *et al.*, 1985), distinguindo-se entre sementes total ou aproximadamente esféricas e sementes claramente não esféricas.

Para a identificação das sementes recorreu-se a chaves dicotómicas (Delorit, 1970) e à comparação com fotografias e descrições de sementes de publicações já existentes (Delorit; 1970; Elmore, *sd*; Villarias, 1986).

2.3. Análise numérica

A abundância de sementes em cada fracção, classe de tamanho e forma foi expressa em proporção e a sua variação em função da profundidade ajustada pelo modelo de Weibull (Weibull, 1951), fazendo o parâmetro de localização (Bonner & Dell, 1976) igual a zero. Os ajustamentos foram feitos pelo método dos mínimos quadrados por regressão não linear usando o algoritmo de Marquardt. A avaliação dos ajustamentos foi feita comparando as estimativas do parâmetro de escala (Bonner & Dell, 1976) com os dados originais.

3. Resultados e discussão

No total foram contadas mais de 60 000 sementes (cerca de 9 sementes/cm³), tendo-se identificado as espécies seguintes: *Amaranthus albus* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Cerastium glomeratum* Thuill., *Chenopodium album* L., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Diploaxis catholica* (L.) DC., *Juncus bufonius* L., *Paspalum dilatatum* Poiret, *Plantago coronopus* L., *Poa annua* L., *Raphanus raphanistrum* L., *Rapistrum rugosum* (L.) All., *Reseda luteola* L., *Rumex acetosella* L., *Senecio vulgaris* L., *Silene gallica* L., *Sisymbrium irio* L., *Spergularia purpurea* (Pers.) G. Don fil., *Stellaria media* (L.) Vill. e *Trifolium glomeratum* L.

Observou-se um claro predomínio de terófitos e, de acordo com Williams (1982), um predomínio de espécies importantes como infestantes em muitas culturas e situações (40%) seguido de espécies importantes como infestantes

nalgumas situações, podendo ser generalizadas como infestantes de importância menor (35%).

Nas 11 famílias representadas não houve um predomínio nítido, com *Caryophyllaceae* e *Cruciferae* apresentando 4 espécies cada, *Gramineae* apresentando 3 espécies, *Amarantaceae* 2 espécies, e 7 famílias com uma espécie cada.

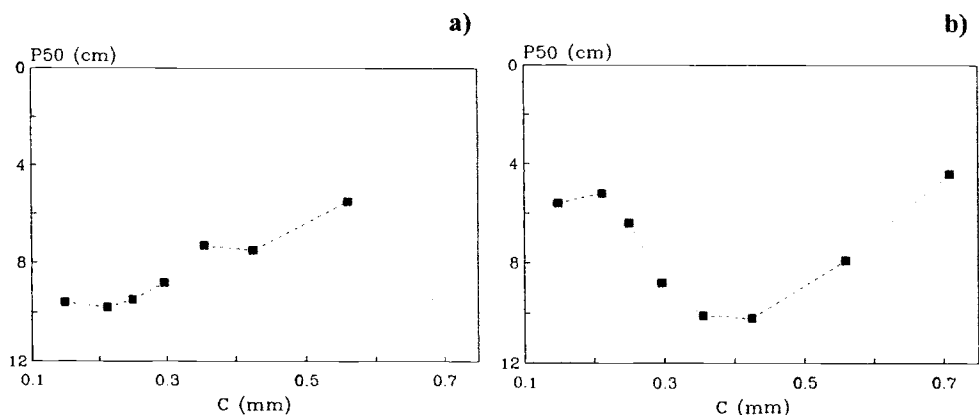
No conjunto das 10 amostras ocasionalmente seleccionadas para exame dos materiais não retidos nos crivos ou que ficavam no copo com sulfato de magnésio nunca foram detectadas sementes.

O ajustamento do modelo de Weibull foi sempre possível, tendo-se obtido valores de coeficiente de determinação ajustado entre 86,6 e 100,0%, com uma média de 98,6%. A partir dos modelos ajustados calculou-se, para cada forma, classe de tamanho e amostra, a profundidade necessária para obter 50% da distribuição acumulada de sementes (P50), apresentando-se na Figura 1 os seus valores médios.

Nas sementes não esféricas (Figura 1a), essencialmente temporárias, verifica-se que as menores (7% do total de não esféricas) se localizam a maior profundidade, diminuindo a profundidade de localização com o aumento do tamanho das sementes.

Figura 1

Profundidade média necessária para obter 50% da distribuição acumulada (P50, em cm) de sementes a) não esféricas, b) esféricas, em função do tamanho das sementes, expresso pela malha do crivo em que foram retidas (C, em mm)



Estes resultados confirmam conclusões anteriores, segundo as quais sementes pequenas são mais facilmente transportadas para maiores profundidades através de pequenas fendas ou fissuras existentes no solo do que sementes grandes (Grime, 2001; Thompson & Grime, 1979).

Em contrapartida, nas sementes esféricas (Figura 1b) observa-se uma localização muito mais superficial das sementes mais pequenas, essencialmente persistentes, só começando a haver maiores afundamentos para sementes esféricas de tamanho intermédio.

Em sementes esféricas intermédias e grandes verifica-se o mesmo tipo de resposta das não esféricas, ou seja, diminuição da profundidade com o aumento do tamanho.

Estes resultados, pelo contrário, são contraditórios com afirmações de outros autores, segundo os quais sementes pequenas e aproximadamente esféricas são facilmente incorporadas a maiores profundidades (Thompson *et al*, 1993).

Esta aparente resistência à descida é compreensível em sementes persistentes, pequenas, geralmente com necessidade de luz para germinar (Dias, 1999) e sem reservas suficientes para permitir emergências de maiores profundidades (Harper, 1977; Leck, 1989).

Os efeitos relativos das mobilizações estão resumidos de forma diagramática na Figura 2, considerando separadamente sementes esféricas e não esféricas e, para cada forma, sementes pequenas, intermédias e grandes.

Após a lavoura (Figura 2a), qualquer que seja a forma e o tamanho, as sementes mais superficiais são deslocadas para profundidades maiores e as sementes mais profundas para profundidades menores.

Os efeitos da lavoura são claramente independentes do tamanho e forma e deverão depender da localização prévia das sementes e do número de passagens da charrua. Assim, previsivelmente, para um número par de passagens não deverão ocorrer grandes alterações na distribuição vertical do banco de sementes.

Em contrapartida, os efeitos da escarificação (Figura 2b) dependem quer do tamanho quer da forma. Nas sementes esféricas só as grandes são movimentadas, passando a ocupar posições mais profundas, enquanto que as sementes não esféricas são sistematicamente movimentadas para menores profundidades.

Admitindo que a persistência possa ser de dois tipos, intrínseca (sementes esféricas pequenas) ou de posição (as restantes sementes quando localizadas a profundidades demasiado grandes para uma fácil germinação e emergência), da escarificação resultará o aparecimento de persistência de posição em sementes esféricas e o seu desaparecimento em sementes não esféricas.

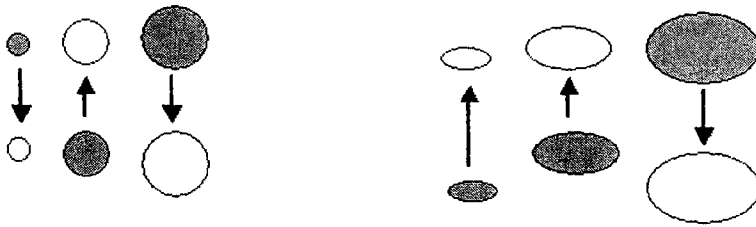
Finalmente, os efeitos da gradagem (Figura 2c) só parcialmente serão independentes do tamanho e forma das sementes. Tal como na lavoura, e com duas exceções, as sementes mais profundas sobem, as mais superficiais descem. No entanto, sementes esféricas pequenas não são movidas (à semelhança da escarificação) o mesmo acontecendo às sementes não esféricas de tamanho intermédio.

Figura 2

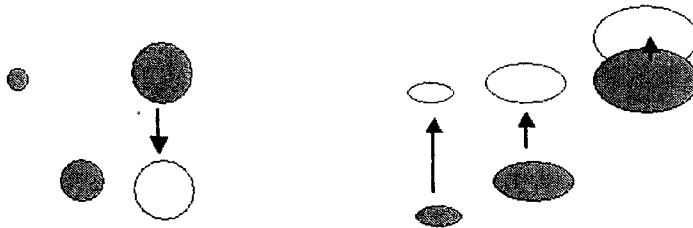
Diagrama esquemático dos efeitos relativos das mobilizações na distribuição vertical do banco de sementes consoante o tamanho (sementes pequenas, intermédias e grandes) e a forma (sementes aproximadamente esféricas e não esféricas). A cinzento localização pré mobilizações. Ausência de setas significa não ter havido movimentação vertical.

a) Lavoura

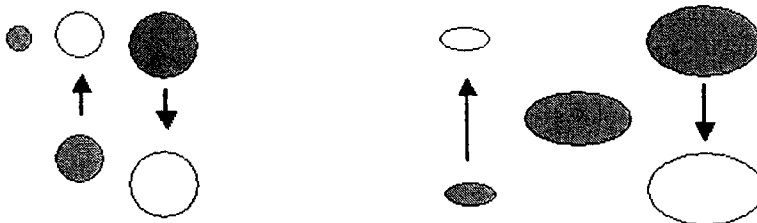
Superfície do solo

**b) Escarificação**

Superfície do solo

**c) Gradagem**

Superfície do solo



4. Considerações finais

O tamanho e a forma das sementes têm uma reduzida variabilidade, possibilitando uma descrição biológica e ecologicamente consistente da distribuição vertical do banco de sementes. Em solos não perturbados a profundidade a que se localizam maioritariamente as sementes é tanto maior quanto menores são as sementes, com excepção das sementes esféricas pequenas, persistentes, que se localizam a profundidades menores, podendo assim germinar e emergir.

Com excepção da lavoura, o tamanho e forma das sementes é um factor importante para os efeitos das mobilizações na distribuição vertical de abundâncias. Ao contrário da lavoura, na escarificação e gradagem não há efeitos na localização das sementes esféricas e pequenas, que permanecem maioritariamente a pequenas profundidades. Previsivelmente o mesmo ocorrerá na lavoura se houver um número par de passagens da charrua.

Finalmente, as sementes não esféricas pequenas, de localização original profunda, são as únicas que são sempre movidas para menores profundidades pela escarificação e pela gradagem.

AGRADECIMENTOS

À Eng^a Carla Barreto (Dep. de Biologia, Univ. de Évora) pela colaboração técnica, ao Professor Mário de Carvalho (Dep. de Fitotecnia, Univ. de Évora) por todo o apoio, à Professora Alexandra Soveral Dias (Dep. de Biologia, Univ. de Évora) e a um revisor anónimo pela leitura do manuscrito, ao Professor Ilídio Moreira (Dep. de Protecção das Plantas e de Fitoecologia, ISA) pela orientação.

Este trabalho foi financiado pelo Centro de Ecologia Aplicada da Universidade de Évora e pelo projecto AIR-CT-920029, CEE/DGA.

BIBLIOGRAFIA

- AMBROSIO, L.; DORADO, J.; DEL MONTE, J.P. (1997) — Assessment of the sample size to estimate the weed seedbank in soil, *Weed Research*, 37: 129-137.
- AUSTIN, R.B. (1972) — *Effects of environment before harvesting on viability*, in "Viability of Seeds" (E.H. Roberts, Ed.), Chapman and Hall Ltd, London, 114-149.
- BALL, D.A.; MILLER, S.D. (1989) — A comparison of techniques for estimation of arable

- soil seedbanks and their relationship to weed flora, *Weed Research*, 29: 365-373.
- BÀRBERI, P.; LO CASCIO, B. (2001) — Long-term tillage and crop rotation effects on weed seedbank size and composition, *Weed Research*, 41: 325-340.
- BÀRBERI, P.; COZZANI, A.; MACCHIA, M.; BONARI, E. (1998) — Size and composition of the weed seedbank under different management systems for continuous maize cropping, *Weed Research*, 38: 319-334.
- BARRALIS, G.; CHADOEUF, R.; LONGCHAMP, J.P. (1988) — Longevité des semences de mauvaises herbes annuelles dans un sol cultivé, *Weed Research*, 28: 407-418.
- BONNER, F.T.; DELL, T.R. (1976) — The Weibull function: a new method of comparing seed vigor, *Journal of Seed Technology*, 1: 96-103.
- BRADSHAW, A.D. (1965) — Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants, *Advances in Genetics*, 13: 115-155.
- CARDOSO, J.V.J.C. (1965) — *Os Solos de Portugal. Sua Classificação, Caracterização e Gênese. I - A Sul do Rio Tejo*, Direcção-Geral dos Serviços Agrícolas, Lisboa, 311 p.
- CAVERS, P.B.; BENOIT, D.L. (1989) — *Seed banks in arable lands*, in "Ecology of Soil Seed Banks" (M.A. Leck, V.T. Parker and R.L. Simpson, Eds.), Academic Press Inc., San Diego, 309-328.
- DARWIN, C. (1859) — *The Origin of Species by Means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*, (Edited with an introduction by J.W. Burrow), Penguin Books Ltd., Harmondsworth, 1979, 477 p.
- DELORIT, R.J. (1970) — *An Illustrated Taxonomy Manual of Weed Seeds*, Agronomic Publications, River Falls, 175 p.
- DIAS, L.S. (1999) — *Banco de Sementes do Solo. Distribuição Vertical e Efeitos das Mobilizações*, Dissertação elaborada para a obtenção do grau de Doutor, Universidade de Évora, Évora, 367 p.
- DRABO, I.; LADEINDE, T.A.O.; REDDEN, R.; SMITHSON, J.B. (1985) — Inheritance of seed size and number per pod in cowpeas (*Vigna unguiculata* L. Walp.), *Field Crops Research*, 11: 335-344.
- ELMORE, C.D. (s.d.) — *Weed Identification Guide*, Southern Weed Science Society, Champaign.
- FELDMAN, S.R.; ALZUGARAY, C.; TORRES, P.S.; LEWIS, P. (1997) — The effect of different tillage systems on the composition of the seedbank, *Weed Research*, 37: 71-76.
- GRIME, J.P. (2001) — *Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties*, 2nd Ed., John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 417 p.
- GRUNDY, A.C.; MEAD, A.; BOND, W. (1996) — Modelling the effect of weed-seed distribution in the soil profile on seedling emergence, *Weed Research*, 36: 375-384.

- HARPER, J.L. (1977) — *Population Biology of Plants*, Academic Press Inc. (London) Ltd, London, 892 p.
- HARPER, J.L.; LOVELL, P.H.; MOORE, K.G. (1970) — The shapes and sizes of seeds, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1: 327-356.
- LECK, M.A. (1989) — *Wetland seed banks*, in "Ecology of Soil Seed Banks" (M.A. Leck, V.T. Parker and R.L. Simpson, Eds.), Academic Press Inc., San Diego, 283-305.
- LLOYD, D.G. (1987) — Selection of offspring size at independence and other size-versus-number strategies, *American Naturalist*, 129: 800-817.
- MAYOR, J.-P.; DESSAINT, F. (1998) — Influence of weed management strategies on soil seedbank diversity, *Weed Research*, 38: 95-105.
- PANETTA, F.D. (1985) — Population studies on pennyroyal mint (*Mentha pulegium* L.) II Seed banks, *Weed Research*, 25: 311-315.
- PAREJA, M.R.; STANFORTH, D.W.; PAREJA, G.P. (1985) — Distribution of weed seed among soil structural units, *Weed Science*, 33: 182-189.
- POPAY, A.I.; COX, T.I.; INGLE, A.; KERR, R. (1994) — Effects of soil disturbance on weed seedling emergence and its long-term decline, *Weed Research*, 34: 403-412.
- POPAY, A.I.; COX, T.I.; INGLE, A.; KERR, R. (1995) — Seasonal emergence of weeds in cultivated soil in New Zealand, *Weed Research*, 35: 429-436.
- THOMPSON, K.; GRIME, J.P. (1979) — Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats, *Journal of Ecology*, 67: 893-921.
- THOMPSON, K.; BAND, S.R.; HODGSON, J.G. (1993) — Seed size and shape predict persistence in soil, *Functional Ecology*, 7: 236-241.
- UNGER, P.W.; MILLER, S.D.; JONES, O.R. (1999) — Weed seeds in long-term dryland tillage and cropping system plots, *Weed Research*, 39: 213-223.
- VILLARIAS, J.L. (1986) — *Control de Malas Hierbas. I. Atlas de Malas Hierbas*, 2ª Ed., Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 301 p.
- VYVEY, Q. (1989a) — Bibliographical review on buried viable seeds in the soil, *Excerpta Botanica, Section B*, 26: 311-320.
- VYVEY, Q. (1989b) — Bibliographical review on buried viable seeds in the soil (continued), *Excerpta Botanica, Section B*, 27: 1-52.
- WEIBULL, W. (1951) — A statistical distribution of wide applicability, *Journal of Applied Mechanics*, 18: 293-297.
- WILLIAMS, G.H. (1982) — *Dictionary of Weeds of Western Europe*, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 320 p.