

Pinto, A. & Morais, A. (1997). Solarização do solo um contributo para a sua aplicabilidade em Cabo Verde. *Millenium*, 8

SOLARIZAÇÃO DO SOLO UM CONTRIBUTO PARA A SUA APLICABILIDADE EM CABO VERDE

António de F. M. A. Pinto*

António F. P. Morais**

* Professor-Adjunto na ESA de Viseu; Eng^o Agrónomo ISA/UTL; Mestre em Protecção Integrada ISA/UTL.

** Director da ESA de Viseu; Médico Veterinário.

Resumo

A intensificação da produção agrícola que se tem vindo a verificar após a segunda Guerra Mundial obrigou a uma utilização exagerada de factores de produção, nomeadamente de pesticidas, por forma a fazer face a um crescente ressurgimento de doenças e pragas causadoras de elevados prejuízos na produção agrícola.

Assim, o recurso exagerado e irresponsável a produtos químicos, nomeadamente pesticidas, utilizados para fazer frente a um crescente aparecimento de variadíssimas patologias, provocou, para além de uma progressiva ineficácia daqueles, diversos graus de poluição bem como prejuízos irremediáveis nos ecossistemas agrários e no ambiente em geral.

Torna-se cada vez mais necessário e urgente a utilização de meios de luta alternativos, não químicos, económicos, eficazes, não poluentes e seguros quer para o aplicador, quer para o ambiente.

A solarização do solo, sendo um método não químico, aplica apenas a energia solar e tem demonstrado grande eficácia na protecção de culturas protegidas e de ar livre, em pré-plantação e, nas culturas lenhosas, em pós-plantação.

Os efeitos secundários positivos que lhe estão associados, nomeadamente a melhoria das características físico-químicas do solo, os aumentos de produção e o estabelecimento do equilíbrio biológico do solo a

favor de espécies microbianas benéficas fazem da solarização um meio de luta de eleição na Protecção Integrada das culturas.

Desta forma, convictos das potencialidades da solarização do solo, procuraremos apresentar nesta comunicação uma visão generalizada, ainda que sucinta, das suas virtudes como meio de luta alternativo à desinfecção química, bem como alguns aspectos inerentes aos efeitos secundários que lhe estão associados, por forma a implementar a sua divulgação e utilização em Cabo Verde.

Introdução

A solarização do solo como um meio de luta contra agentes fitopatogéneos e infestantes foi inicialmente ensaiada em Israel por volta de 1973 (Katan, 1980) e na Califórnia, cerca de três anos mais tarde (Pullman et al., 1979).

Desde então este método tem vindo a ser largamente ensaiado em vários outros países do mundo, quer ao ar livre, quer em estufa, tendo-se revelado eficaz no combate a diversos patogéneos e infestantes de variadas culturas, incluindo ornamentais e culturas frutícolas (Katan & DeVay, 1991).

Em Cabo Verde foi ensaiado pela primeira vez em 1983 (de acordo com a informação pessoal transmitida pela Eng.^a Zuleika Levi do INIDA).

A solarização do solo baseia-se no aproveitamento da energia solar por intermédio de um filme de plástico transparente (Katan et al., 1976), de espessura reduzida, que se coloca sobre a superfície do solo previamente humedecido, durante os meses mais quentes do ano, por um período de 20 a 60 dias (Katan & DeVay, 1991), provocando uma elevação da temperatura do solo e destruindo os propágulos dos agentes patogénicos e das infestantes.

Actualmente, este método é ensaiado e aplicado em cerca de trinta e oito países (Katan & DeVay, 1991) tendo utilização já à escala comercial em diversas culturas nos Estados Unidos, Israel, Itália e Japão. Em Portugal, este método começou a ser ensaiado a partir de 1981, tendo-se desde então realizado vários ensaios visando o uso da solarização do solo no combate a infestantes (Silveira & Borges, 1984; Gomes, 1988; Pinto, 1992) e no combate a fungos e nemátodos (Gomes, 1988; Palminha, 1988).

Em cerca de 20 anos já deu lugar a mais de 200 publicações (Borges, 1987). Tanto interesse e tão rápido desenvolvimento deve-se sobretudo ao facto de se tratar de um método cultural económico e de fácil aplicação, que usa exclusivamente a energia solar, indo, portanto, ao encontro da actual consciência mundial de que a protecção das culturas deve recorrer, sempre que possível, a métodos não poluentes do ambiente, em especial da água e do solo.

Particularmente em Cabo Verde, dadas as condições climáticas deste país de língua portuguesa, estamos convictos que este método de desinfecção do solo, possa muito rapidamente ser mais um dos factores de produção a ter em conta no sector agrícola.

1 - A solarização e os inimigos das culturas

Os primeiros resultados conhecidos da eficácia da solarização do solo no combate contra parasitas radiculares e infestantes de variadas culturas remontam a 1976 (Katan et al., 1976). A partir desta data, este método tem vindo a ser largamente ensaiado, quer em estufa, quer ao ar livre, no combate a diversos fungos veiculados pelo solo e causadores de importantes prejuízos em variadas culturas anuais, com resultados extraordinários (Katan et al., 1983; Stapleton et al., 1989; Phillips, 1990).

Em relação aos efeitos da solarização sobre bactérias fitopatogéneas, os resultados obtidos por Stapleton & DeVay (1982) mostraram também uma grande eficácia deste método na redução de populações bacterianas, nomeadamente *Agrobacterium* spp., cujas populações se mantiveram suprimidas durante 6 a 12 meses após a aplicação do método.

A solarização do solo tem revelado, igualmente, resultados muito promissores quando aplicada no combate a diversas espécies de nemátodos fitófagos como referem os estudos levados a cabo por Gomes (1988), Cartia et al., (1989).

O emprego da solarização em culturas frutícolas, após a plantação, tem mostrado também resultados animadores no combate a doenças radiculares destas culturas perenes.

Resultados muito interessantes foram obtidos num pomar de pistácias contra o fungo *Verticillium dahliae*; em oliveiras, no combate ao mesmo fungo (Tjamos, 1983); em pomares de pessegueiros, no combate às populações de *Pythium* spp. (Stapleton & DeVay, 1984) e em pomares de macieiras, no combate à podridão branca das raízes causada pelo fungo *Rosellina necatrix* (Sztejnbrg et al., 1987).

Em relação às infestantes este método tem também revelado resultados bastante eficazes no combate a uma gama muito diversificada de espécies de infestantes, anuais e vivazes de variadíssimas culturas, como demonstram os inúmeros estudos realizados, quer em Portugal, quer no estrangeiro, onde destacamos (Katan, 1980; Borges, 1982; Pullman et al., 1984; Tamietti & Garibaldi, 1989; Pinto, 1992).

2 - A solarização e os outros meios de luta

Este método de desinfestação do solo mostra-se bastante versátil tendo revelado resultados igualmente promissores quando ensaiado em combinação com outros meios de luta, tais como a luta química e a luta biológica.

A solarização do solo combinada com baixas doses de fumigantes e, conseqüentemente, com menores períodos de aplicação, tem-se mostrado eficaz no combate a nemátodos e fungos parasitas do tomateiro (Cartia et al., 1989), no combate à suberose radicular do tomateiro e à podridão radicular em pepino (Malathrakis & Loulakis, 1989b).

Por seu lado, Szejnberg et al. (1987) verificaram que a acção combinada da solarização com a aplicação do fungo antagonista *Trichoderma harzianum* em pomares naturalmente infectados de *R. necatrix* foi responsável por uma redução para níveis insignificantes da incidência da doença mantendo-se esse efeito por pelo menos 25 meses.

No entanto, a aplicação isolada de *T. harzianum* não teve qualquer efeito na redução da doença. Estes resultados vão ao encontro dos princípios da Protecção Integrada, na medida em que, poderão permitir a utilização deste meio de luta em associação com outros tendo em vista a obtenção de uma maior eficácia na protecção das plantas e de menores riscos para o ambiente.

3 - A solarização e o crescimento das culturas

Na grande maioria dos estudos realizados a solarização foi frequentemente referida como responsável por acréscimos do crescimento e do rendimento das culturas em que tem sido realizada. Este efeito positivo da solarização é considerado como uma consequência directa da sua acção na redução da densidade e, nalguns casos, na irradicação do inóculo da doença no solo, dependendo os níveis das produções obtidos do grau de redução da doença verificado, do nível de infestação do solo e da importância económica dos prejuízos que as doenças provocam nas culturas (Katan, 1981).

Nestas situações, variadíssimos ensaios de solarização realizados em estufas revelaram aumentos significativos de crescimento e/ou produção nas culturas do tomate (Tamietti & Garibaldi, 1981, 1982; Palminha, 1988; Tjamos et al., 1989); do feijão (Tamietti & Garibaldi, 1989) e do pimento (Cartia et al., 1989).

A solarização do solo tem provocado, igualmente, acréscimos significativos no crescimento e/ou produção nas culturas, quando praticadas ao ar livre como mostraram Katan et al. (1976) em tomate e beringela; Grinstein et al. (1979) em batata; Pullman et al. (1981) em cártamo e algodão; Porter & Merriman (1985) em couve chinesa, aipo, alface e melancia; Cartia et al. (1987) em cenoura; Silveira et al. (1990) em alface e cebola.

Já em 1981, Chen e colaboradores resumiram os possíveis mecanismos responsáveis por estes efeitos da solarização do solo: (i) aumentos de micro e macronutrientes na solução do solo; (ii) libertação de substâncias reguladoras do crescimento das plantas; (iii) destruição de materiais fitotóxicos; (iv) destruição de agentes patogéneos secundários; (v) alterações no equilíbrio biológico do solo no sentido da estimulação de microrganismos benéficos para o crescimento das plantas.

4 - A solarização e as características químicas do solo

Entre os vários mecanismos que têm sido propostos para explicar o fenómeno da estimulação do crescimento vegetal em solos solarizados e isentos de patogéneos, apontam-se a libertação de micro e macronutrientes na solução do solo.

Chen & Katan (1980) foram os primeiros investigadores que procuraram relacionar a estimulação do crescimento das plantas em solos solarizados com as variações de algumas características químicas do solo. Vários estudos foram então realizados em diversos solos de Israel durante o verão de 1980 e na grande maioria dos solos investigados, os resultados obtidos revelaram aumentos significativos em diversos constituintes químicos: matéria orgânica solúvel, condutividade eléctrica, azoto nítrico e amoniacal, potássio, cálcio e magnésio solúveis (Chen et al., 1981).

Mais recentemente, Gamliel & Katan (1991) verificaram que os teores de K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} e condutividade eléctrica aumentaram consistentemente na generalidade dos solos solarizados em Israel, enquanto que Pinto (1992), em Portugal, verificou não haver diferenças significativas nos teores de K^+ e Mg^{++} entre os solos solarizados e não solarizados. No entanto, os resultados obtidos pelo autor referido, relativamente

à condutividade eléctrica, mostraram-se concordantes com os obtidos por Gamliel & Katan (1991). Como se pode verificar, a solarização promove uma melhoria das características químicas dos solos ao aumentar os teores da generalidade dos constituintes químicos tornando-os por isso mais acessíveis para as plantas.

5 - A solarização e as características biológicas do solo

Paralelamente às alterações químicas, foram também observadas modificações ao nível da componente microbiológica nos solos solarizados.

As alterações ocorridas ao nível biológico dos solos têm-se traduzido por uma redução drástica de uma variada gama de espécies fúngicas e bacterianas prejudiciais para as plantas logo após a aplicação da solarização.

Por outro lado, alguns grupos de microrganismos benéficos tais como fungos antagonistas, micorrizas, pseudomonas fluorescentes, bactérias diazotróficas não têm sido afectados negativamente pela solarização.

Relativamente às populações de bactérias diazotróficas, nomeadamente as populações de *Rizobium* spp., fixadoras de azoto nos nódulos das plantas leguminosas, os trabalhos de Cenis et al. (1984) e Chaun et al. (1988) mostraram que a taxa de nodulação apenas foi reduzida nos primeiros estádios das plantas. Com o decorrer do ciclo cultural a nodulação foi progressivamente aumentando, verificando-se no final do ciclo valores da taxa de nodulação semelhantes entre as plantas crescendo nos solos solarizados e não solarizados.

Quanto aos efeitos da solarização sobre as populações de microrganismos fixadores livres de azoto, os estudos pioneiros realizados em Portugal por Pinto (1992) revelaram que a solarização não afecta negativamente as populações de *Azotobacter* spp. nem as de *Clostridium pasteurianum* provocando, pelo contrário, uma estimulação do crescimento destas tão importantes espécies bacterianas do solo (como se pode ver pela análise das **Figuras 1 e 2**) que, conjuntamente com as populações de *Rizobium* spp., são responsáveis por mais de 70 % do azoto fixado anualmente no nosso planeta (Postgate, 1978, 1982).

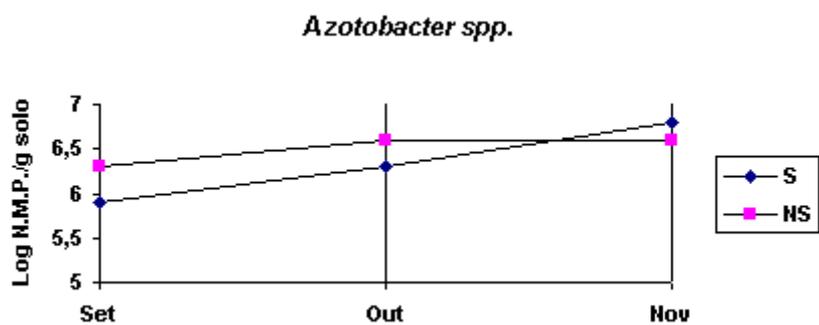


Fig.1: Evolução das populações de Azotobacter spp. nas parcelas solarizadas (S) e não solarizadas (NS).

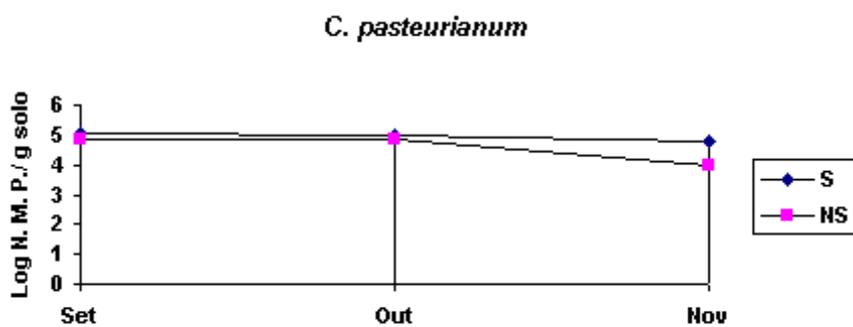


Fig.2: Evolução das populações de *C. pasteurianum* nas parcelas solarizadas (S) e não solarizadas (NS).

Conclusões

Os resultados obtidos pela solarização do solo, quer em Portugal, quer noutros países, revelaram-se tão promissores que nos levam a aconselhar a sua divulgação, experimentação e a sua aplicação na República de Cabo Verde, região cujas condições climáticas nos parecem muito favoráveis à utilização deste método.

A solarização do solo apresenta-se como um meio de luta eficaz no combate a variadíssimas doenças veiculadas pelo solo, doenças essas que, na maioria dos casos, dificilmente se resolvem com o recurso à utilização dos produtos fitofarmacêuticos, cujo emprego generalizado e irresponsável provoca graves inconvenientes para o homem e para o ambiente.

Por outro lado, os efeitos secundários positivos que se conhecem, nomeadamente, o aumento do crescimento e da produção que normalmente lhe estão associados, a possibilidade de poder ser utilizada só ou em combinação com fumigantes em doses reduzidas, e o facto de se tratar de um método seguro, económico e não poluente, são razões mais que evidentes para a sua divulgação e aplicação em esquemas de Protecção ou, melhor ainda, de Produção Integrada, estratégia que, em nosso entender, Cabo Verde deverá adoptar.

Referências Bibliográficas

BORGES, M.L.V., (1982). Solarização do solo: novo método de pasteurização do solo. *Revista Ciências Agrárias*, 5 (1): 1-15.

BORGES, M.L.V., (1987). Solarização do solo: bibliografia. *Bolm. Inf. Fitopatologia*, 3:17-25.

CARTIA, G., CIPRIANO; T. & GRECO, N., (1989). Effect of solarization and fumigants on soil borne pathogen of pepper in greenhouse. *Acta Horticulturae*, 255: 111-116.

CARTIA, G., CIPRIANO; T. & QUARTARONE, G.,(1987). Impiego de la solarizzazione del suolo e di fumiganti nei confronti di parassiti ipogei della carotta in Sicilia. *Informatore Fitopatologico*, 1: 43-46.

CENIS, J. L., MARTINEZ, P. F., GONZALEZ-BENAVENTE, A. & ARAGON, R.,(1984). Ensayo del control de *Verticillium dahliae* y *Rizoctonia solani* mediante desinfeccion solar en el campo de Cartagena. In III Congreso Nacional de Fitopatologia, Tenerife, 29 Out. a 2 Nov., 11 pp.

CHAUHN, Y. S., NENE, Y. L., JOHANSEN, C., HAWARE, M. P., SAXENA, N. P., SARDAR, S., SHARMA, S. B., SAHRAWAT, K. L., BURFOR, J. R., RUPELA, O. P., KUMAR RAO, J. V. D. K. & SITHANANTHAM, S., (1988). Effects of soil solarization on pigeonpea and chickpea. Patancheru, Research Bulletin, 11, ICRISAT, 17 pp.

CHEN, Y., & KATAN, J., (1980). Effect of solar heating of soils by transparent polyethylene mulching on their chemical properties. *Soil Science*, **130**: 271-277.

CHEN, Y., SOLOVITCH, T., NAVROT, J. & KATAN, J., (1981). The effect of solar heating of soils in their chemical characteristics and plant growth stimulation. *Phytoparasitica*, **9**: 236.

GAMLIEL, A. & KATAN, J., (1991). Involvement of fluorescent pseudomonads and other microorganisms in increased growth reponse of plants in solarized soils. *Phytopathology*, **81**: 494-502.

GOMES, R., (1988). Efeito da solarização do solo no nemátodo *Heterodera carotae* Jones, 1950. In Jornadas Nacionais de Plásticos para a Agricultura, Coimbra, 17-19 Jun., 10 pp.

GRINSTEIN, A., ORION, D., GREENBERGER, A. & KATAN, J., (1979). Solar heating of the soil for the control of *Verticillium dahliae* and *Pratylenchus thornei* in potatoes. In *Soilborne Plant Pathogens*, Schippers, B. & Gams, W. (eds), London, Academic Press, 431-438.

KATAN, J., (1980). Solar pasteurization of soils for disease control: status and prospects. *Plant Disease*, **64**: 450-454.

KATAN, J., (1981). Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. *Ann. Rev. Phytopathol.*, **19**: 211-236.

KATAN, J., (1987). Soil solarization. In *Innovative Approaches to Plant Disease Control*, Chet, I., (ed), New York, John Wiley & Sons, 77-105.

KATAN, J. & DeVAY, J. E., (1991). Soil Solarization: historical perspectives, principles and uses. In *Soil Solarization*, Katan, J. & DeVay, J. E. (eds), Boca Raton, Press Inc., FL, 23-37.

KATAN, J., FISHLER, G. & GRINSTEIN, A., (1983). Short and long-term effects of soil solarization and crop sequence on *Fusarium* wilt and yield of cotton in Israel. *Phytopathology*, **73**: 1215-1219.

KATAN, J., GREENBERGER, A., ALON, H. & GRINSTEIN, A. (1976). Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soilborne pathogens. *Phytopathology*, **66**: 683-688.

MALATHRAKIS, N. E. & LOULAKIS, M.D., (1989b). Effectiveness of the type of polyethylene sheet on soil solarization. *Acta Horticulturae*, **255**: 235-241.

PALMINHA, J., (1988). A suberose radicular do tomateiro. Alguns estudos sobre o agente causal *Pyrenochaeta lycopersici*, Schn. & Gerl.. Univ. Técn., Lisboa, I.S.A., Tese de Doutoramento, 233 pp.

PHILLIPS, A.J.L., (1990). The effects of soil solarization on sclerotial populations of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Pathology*, **39**: 38-43.

PINTO, A.F.M.A., (1992). Solarização do solo em estufa: Efeitos em algumas características biológicas e químicas do solo, nas infestantes e na cultura de feijão-verde (*Phaseolus vulgaris* L.). Univ. Técn. Lisboa, I.S.A, Tese de Mestrado, 79 pp.

PORTER, I.J. & MERRIMAN, P.R., (1985). Evaluation of soil solarization for control of root diseases of row crops in Victoria. *Plant Pathology*, **34**: 108-118.

POSTGATE, J.R., (1978). Nitrogen fixation. London, Studies in Biology nº 92, 68 pp.

POSTGATE, J.R., (1982). The fundamentals of nitrogen fixation. Cambridge, Cambridge University Press, 252 pp.

PULLMAN, G.S., DeVAY, J.E., ELMORE, C.L. & HART, W.H., (1984). Soil solarization: a nonchemical method for controlling diseases and pests. University of California, Leaflet 21377, 8 pp.

PULLMAN, G.S., DeVAY, J.E., GARBER, R.H. & WEINHOLD, A.R., (1979). Control of soilborne fungal pathogens by plastic tarping of soil. In *Soilborne Plant Pathogens*, Schippers, B. & Gams, W. (eds), London, Academic Press, 439-446.

PULLMAN, G.S., DeVAY, J.E., GARBER, R.H. & WEINHOLD, A.R., (1981). Soil solarization: effects on *Verticillium* wilt of cotton and soilborne populations of *V. dahliae*, *Pythium* spp., *R. solani* and *Thielaviopsis basicola*. *Phytopathology*, **71**: 954-959.

SILVEIRA, H.L. & BORGES, M.L.V., (1984). Soil solarization and weed control. In *Proc. EWRS, 3rd Symp. on weed problems in the Mediterranean Area*. Paris, 345-349.

SILVEIRA, H.L., GOMES, R., AGUIAR, L., CAIXINHAS, M.L., BICA, J. & BICA, M., (1990). Soil solarization under polyethylene film: cultivation of lettuce and onions. *Plasticulture*, **85**: 35-42.

STAPLETON, J.J. & DeVAY, J.E., (1982). Effects of soil solarization on populations of selected soilborne microorganisms and growth of deciduous fruit tree seedlings. *Phytopathology*, **72**: 323-326.

STAPLETON, J.J. & DeVAY, J.E., (1984). Thermal components of soil solarization as related to changes in soil and root microflora and increase plant growth response. *Phytopathology*, **74**: 255-259.

STAPLETON, J.J., DeVAY, J.E. & ASAI, W.K., (1989). Use of polymer mulchs in integrated pest management programs for establishment of perennial fruit crops. *Acta Horticulturae*, **255**: 161-168.

SZTEJNBERG, A., FREEMAN, S., CHET, I. & KATAN, J., (1987). Control of *Rosellinia necatrix* in soil and in apple orchard by solarization and *Trichoderma harzianum*. *Plant Disease*, **71**: 365-369.

TAMIETTI, G. & GARIBALDI, A. (1981). Il riscaldamento solare del terreno mediante pacciamatura con material plastici nella lotta contro la radice suberosa del pomodoro di serra. *La Difesa delle Piante*, 3: 143-150.

TAMIETTI, G. & GARIBALDI, A. (1982). Tentative di lotta contro *Pyrenochaeta lycopersici* e *Verticillium dahliae* mediante pacciamatura riscaldante del terreno. *Atti. Giorn. Fitopat.*, 2: 455-463.

TAMIETTI, G. & GARIBALDI, A. (1989). Impiego della pacciamatura riscaldante contro *Rhizocotonia solani* nelle condizioni di coltura protetta in Liguria. *Informatore Fitopatologico*, 5: 43-45.

TJAMOS, E.C., (1983). Prospects for controlling *Verticillium* wilt of olive trees by soil solarization. In *First Hellenic Congr. On Plant Disease and Pests*, Athens, 15.

TJAMOS, E.C., KARAPAPA, V. & BARDAS, D., (1989). Low cost application of soil solarization in covered plastcs houses for the control of *Verticillium* wilt of tomatoes in Greece. *Acta Horticulturae*, 255: 139-149.