

**EFEITO DA SOLARIZAÇÃO NO CONTROLE DE *Sclerotinia sclerotiorum* E NA
MODIFICAÇÃO DA TEMPERATURA DO SOLO EM ESTUFA PLÁSTICA.**

**EFFECT OF SOIL SOLARIZATION ON THE CONTROL OF *Sclerotinia sclerotiorum* AND IN
THE MODIFICATION OF SOIL TEMPERATURE INSIDE PLASTIC GREENHOUSE.**

Vânus Venturini Veiga¹, Flávio Miguel Schneider², Arno Bernardo Heldwein³ e Galileo Adeli Buriol³

RESUMO

Para avaliar a eficiência da solarização do solo no controle do patógeno *Sclerotinia sclerotiorum* foram conduzidos dois experimentos, um em laboratório no Departamento de Defesa Fitossanitária e outro no interior de uma estufa plástica, localizada no Departamento de Fitotecnia, ambas na Universidade Federal de Santa Maria. No experimento realizado em laboratório foram utilizados esclerócios sobre BDA (batata, dextrose e ágar-ágar) em placas de Petri submetidas à temperaturas de 40, 45, 50, 55 e 60°C por um tempo de 30, 60, 90 e 120 minutos, sendo após incubados em uma câmara climatizadora por um período de 20 dias e determinado o percentual de germinação. Os resultados mostraram que houve diferença entre os tratamentos em função da temperatura e do tempo de exposição. Nos tratamentos com temperaturas de 55°C e 60°C, durante 60 minutos, diminuiu o poder de germinação dos esclerócios em 20% e 60%, respectivamente; já durante 90 e 120 minutos nenhum esclerócio germinou. Para o experimento a campo foram enterrados sacos de nylon contendo 40 esclerócios em cada unidade nas profundidades de 2, 5 e 10 cm nas parcelas com solarização e sem cobertura plástica por períodos de 15, 30, 45 e 60 dias. Os resultados mostraram que nenhum esclerócio germinou com solarização. Sem cobertura plástica em nenhum dia verificou-se temperaturas acima de 50°C durante no mínimo 90 minutos

Palavras-chave: solarização, patógenos de solo, temperatura do solo e estufa plástica.

¹ Eng^o Agr^o, Professor do Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Integrada do Alto Uruguai e Missões – URI, Campus de Santiago.

² Eng^o Agr^o, Professor Titular–Departamento de Fitotecnia / CCR / UFSM.

³ Eng^o Agr^o, Professor Titular–Departamento de Fitotecnia / CCR / UFSM.- Bolsista CNPq

SUMMARY

In order to evaluate the efficiency of solarization of the soil in the control of the pathogen *Sclerotinia sclerotiorum*, two experiments were conducted: one in the laboratory of the Department of Plant Pathology in the year 1996 and the other inside a plastic greenhouse, located in the Crop Production Department in the period from December, 1995 to February, 1996. Both experiments were performed at the Federal University of Santa Maria, Brazil. In the laboratory experiment, Sclerotia on BDA inside Petry dishes, were tested at temperatures of 40, 45, 50, 55, and 60°C for 30, 60, 90, and 120 minutes, after which they were incubated in an acclimatizer for a period of twenty days. The percentage of germination of the Sclerotia was then determined. The results showed that there was a significant difference between the treatments in relation to the temperature and the exposition time, with temperatures of 55°C and 60°C, during 60 minutes, decreasing the germination power of the Sclerotia in 20% and 60%, respectively. During 90 and 120 minutes, none of the Sclerotia germinated. For the experiment in the greenhouse, nylon bags containing 40 Sclerotia in each were buried at 2, 5 and 10cm depths in plots with and without solarization treatment for a period of 15, 30, 45 and 60 days. The results showed that in the solarization treatment none of the Sclerotia germinated. Temperatures above 50°C during at least 90 minutes per day were not observed without solarization.

Key words: soil solarization, soil pathogen, soil temperature and plastic greenhouse.

INTRODUÇÃO

A podridão causada pela esclerotínia é uma das principais doenças de solo que, em determinadas condições, afeta seriamente os cultivos em estufas. O agente casual *Sclerotinia sclerotiorum* é um fungo polífago que sobrevive no solo através de esclerócios (COOK *et al.*, 1975).

Para erradicação deste patógeno são recomendados métodos tais como inundação do solo e desinfecção com produtos químicos. A solarização é o mais recente método físico que vem sendo proposto para erradicar patógenos de solo, artrópodes, nematóides e sementes de invasoras. Dentre as vantagens do método, destaca-se o baixo custo, facilidade de implantação e uso de fonte de energia renovável (KATAN, 1981). Desenvolvido por KATAN *et al.* (1976), em Israel, o método consiste na cobertura do solo úmido com filme de polietileno transparente durante os meses mais quentes do ano, com o objetivo de elevar a temperatura das camadas superficiais do solo a níveis de inativação de grande número de patógenos.

Os patógenos submetidos à solarização são inativados pela ação direta da alta temperatura e por efeitos indiretos, como o controle biológico e a supressividade do solo. Quando um microorganismo é submetido a condições de calor úmido, com temperatura acima do ótimo para o crescimento, sua viabilidade é reduzida. A percentagem de indivíduos mortos depende do nível térmico e do tempo de exposição, que são inversamente relacionados (PULLMAN *et al.* 1981). O tempo necessário para DL₉₀ (dose letal para inativar 90 % dos indivíduos da população) decresce logaritmicamente com a temperatura a que o patógeno é submetido.

É conhecido o fato de que os microorganismos não resistem a grandes variações de temperaturas. Na solarização ocorrem ciclos diários de aquecimento e resfriamento, que tem um efeito muito severo sobre os patógenos de solo (DEVAY & KATAN, 1991). Assim a determinação das relações entre temperatura do solo durante a solarização e a inativação de patógenos é bastante difícil, o que não ocorre em experimento de laboratório, pois a temperatura é mantida constante por um tempo determinado.

Na solarização busca-se alcançar temperaturas acima de 40°C por algum tempo (minutos, horas) durante vários dias, pois estes valores inativam grande número de fitopatógenos de solo (PULLMAN *et al.*, 1981). No Rio Grande do Sul foram observadas temperaturas acima de 55^oC, a 2,0 cm de profundidade, em solo solarizado (STRECK, 1994). A solarização tem sido usada no controle de inúmeros fungos, como *Fusarium ssp* (KATAN *et al.*, 1980), *Rizoctônia solani* (LEE, 1995), *Roselínia mecatriz* (FREEMAN *et al.*, 1990), *Verticillium dahliae* (TJAMOS *et al.*, 1991) e *Sclerotium rolfsii* (MIHAIL & ALCORN, 1984).

Como o Rio Grande do Sul possui razoável disponibilidade de energia solar durante os meses de verão, em torno de 500cal/ cm².dia (BURIOL *et al.*, 1991) e face ao aumento do cultivo de olerícolas no interior de estufas plásticas e perdas devido ao ataque de patógenos, foi desenvolvido este trabalho com o objetivo de avaliar a técnica da solarização no controle de *Sclerotínia sclerotiorum* e na modificação da temperatura do solo no interior de estufas plásticas.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho constou de dois experimentos, um conduzido no Laboratório de Fitopatologia do Departamento de Defesa Fitossanitária e o outro realizado no interior de estufas plásticas no Departamento de Fitotecnia, ambos na Universidade Federal de Santa Maria. As coordenadas geográficas da área experimental são: latitude: 29°43'S ; longitude: 53°42'W e altitude: 95m.

No experimento em condições de laboratório, os isolados de *Sclerotinia sclerotiorum* foram obtidos a partir de plantas de fumo (*Nicotiana tabacum*) com sintomas aparentes de podridão do colo, provenientes de lavouras da região de Santa Maria, RS. Os esclerócios foram retirados das plantas e desinfetados superficialmente com solução de hipoclorito de sódio a 0,5% e imersão em solução de álcool 70%, seguido de uma lavagem com água esterilizada. Após, foram colocados em placas de Petri plásticas descartáveis as quais continham 20ml de meio de cultura BDA (batata, dextrose e ágar-ágar). Estas placas foram levadas à câmara climatizadora, mantidas com umidade elevada, temperatura constante de 22°C e um fotoperíodo de 12 horas de luz/ dia durante 20 dias, para obter-se um grande número de esclerócios com um tamanho aproximado de 1,0cm.

O experimento em laboratório foi conduzido, no período de novembro a dezembro de 1995 no interior de uma estufa elétrica metálica, com dimensões de 1m x 1m. O delineamento experimental utilizado foi um bifatorial inteiramente casualizado com 5 repetições. Os fatores estudados foram a temperatura em 5 níveis (40, 45, 50, 55 e 60°C) e o tempo de exposição em quatro níveis (30, 60, 90 e 120 min.). Cada repetição constou de uma placa de Petri plástica descartável de 9cm de diâmetro contendo 20ml de meio de cultura BDA e quatro esclerócios. As placas, posteriormente, foram incubadas por 20 dias no interior de uma climatizadora a 20°C com um fotoperíodo de 12 horas de luz/ dia até serem avaliadas.

As avaliações foram realizadas diariamente durante 20 dias, retirando-se as placas do interior da climatizadora e verificando-se o número de esclerócios que produziram micélio branco. Mesmo que os esclerócios germinassem em um período menor que 20 dias, as avaliações continuaram sendo feitas até que este micélio produzisse novos esclerócios. Assim, evitou-se erros de contagem de micélio branco produzido por um eventual contaminante.

O experimento a campo foi conduzido no interior de uma estufa plástica, tipo arco-pampeana, com dimensões de 10 x 25m, com cobertura superior e lateral com filme de polietileno transparente de baixa densidade (PEDB), aditivado com anti-UV, e espessura de 100µm. Em dezembro de 1995, após o cultivo de pepino, foram retirados os restos da cultura e feita uma adubação a lanço com 5Kg de N, 25,6Kg de P₂O₅, 15,6Kg de K₂O e 250Kg de adubo orgânico (estrupe seco de peru). Na incorporação do adubo e preparo do solo foi usado uma enxada e ancinho para destorroamento e nivelamento do solo.

Após o preparo do solo, antecedendo a inoculação dos esclerócios, foi realizada irrigação por gotejamento, de modo que a camada de 0 a 50cm ficasse com um teor de umidade próximo a capacidade de campo. Durante o período de solarização não foram feitas novas irrigações.

O delineamento experimental usado foi um trifatorial com parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo que as parcelas principais com dimensões de 6m x 4m foram dispostas inteiramente ao acaso. Na parcela principal avaliou-se o fator salorização (com e sem cobertura plástica). Nas subparcelas avaliou-se o fator tempo de 15, 30, 45 e 60 dias de exposição à solarização. Os níveis do fator profundidade, nas subsubparcelas, eram as profundidades de 2, 5 e 10cm, onde se encontravam os esclerócios.

Os esclerócios, em número de 40, foram colocados em sacos medindo 5 x 5cm, confeccionados com uma tela de nylon de 0,5mm de malha, sendo cada saco uma unidade experimental. Para o enterrio dos esclerócios a diferentes profundidades foram feitas 3 covas de aproximadamente 20cm de diâmetro em cada subparcela. Após os esclerócios estarem cobertos com solo foi colocado uma cobertura de filme de polietileno transparente de 100µm de espessura sobre as parcelas solarizadas (STRECK, 1994). Valas com profundidades de 10cm foram feitas ao redor das parcelas e o plástico foi estendido sobre o solo, tendo as bordas enterradas.

Durante o período de solarização, a estufa foi mantida permanentemente com as cortinas laterais abertas.

As avaliações foram realizadas aos 15, 30, 45 e 60 dias após a instalação do ensaio, retirando-se as embalagens e levando-as ao laboratório. Após a retirada dos esclerócios, a avaliação foi realizada de modo similar a do experimento em condições de laboratório.

A temperatura do solo foi medida a 2cm, 5cm, 10cm e 20cm de profundidade na parcela solarizada e na testemunha, solo sem cobertura plástica, através de termômetros de resistência elétrica de platina (Pt-100).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da avaliação do efeito da temperatura e do tempo de exposição sobre o desenvolvimento dos esclerócios, em meio de cultura (BDA) em condições de laboratório (Figura 1), mostram que a temperatura e o tempo de exposição influenciaram na germinação dos esclerócios. As temperaturas nas quais os esclerócios tiveram a capacidade de germinar, em 100%, foram de 40, 45 e 50°C, em todos os tempos de exposição e de 55 e 60°C por 30 minutos de exposição. Na temperatura de 50°C, durante 90 e 120 minutos, embora os esclerócios tivessem germinado, estes diferiram dos demais

tratamentos no tempo de germinação, passando de 14 para 20 dias, que pode ser atribuído à morte das células externas dos esclerócios e o fato das células internas permanecerem vivas.

Nos tratamentos com temperaturas de 55 e 60°C durante 60 minutos, o poder de germinação dos esclerócios diminuiu em 20% e 60%, respectivamente. Já durante 90 e 120 minutos nenhum esclerócio germinou. Portanto, a condição letal para a *Sclerotinia sclerotiorum* está entre 50 e 55°C de temperatura durante 60 a 90 minutos.

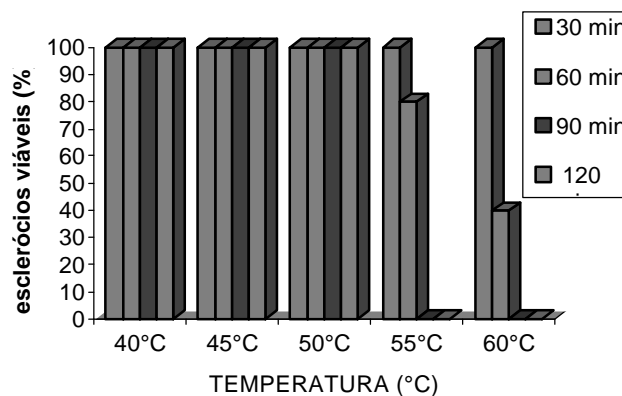


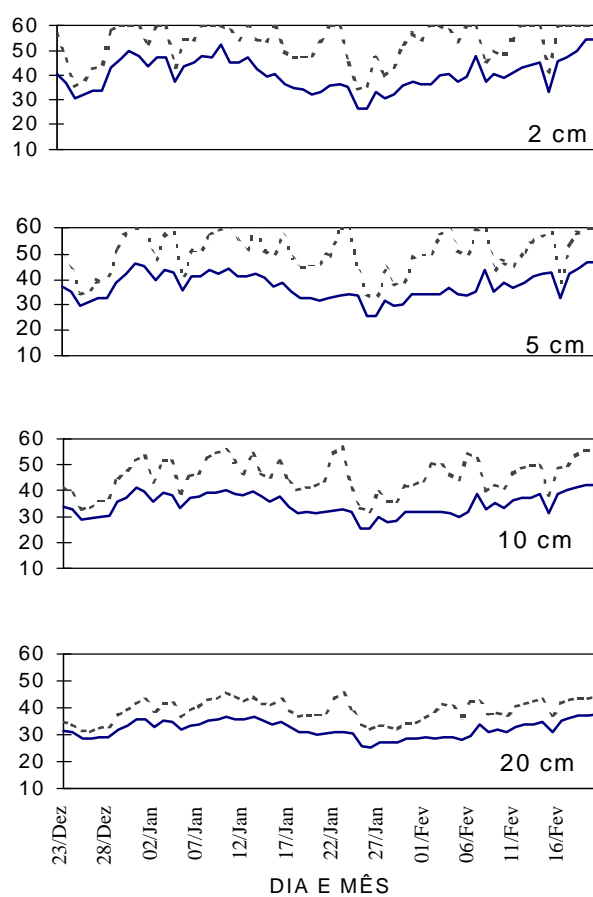
Figura 1. Efeito da temperatura e do tempo de exposição na germinação de esclerócios de *Sclerotinia sclerotiorum* em laboratório.

No experimento a campo, a temperatura máxima foi sempre superior no solo solarizado comparado ao solo sem solarização (Figura 2). Em média, a temperatura máxima foi 12,9; 13,0; 10,9; e 6,9°C superior ao solo sem cobertura plástica nas profundidades de 2, 5, 10 e 20cm, respectivamente. Estas diferenças entre as temperatura são similares às encontradas na região por SCHNEIDER *et al.*, (1993) e STRECK (1994), e as regiões do globo, como nos Estados Unidos da América e Israel, que utilizam com sucesso esta técnica (KATAN *et al.*, 1987).

O número de dias com temperaturas iguais ou acima de determinados níveis térmicos, durante no mínimo 90 minutos, ocorridos no solo solarizado e sem cobertura plástica encontram-se na Tabela 1. Verifica-se que o número de dias com temperaturas acima de 60°C, durante no mínimo 90 minutos, no solo solarizado é elevado, principalmente nas profundidades de 2 e 5cm, ocorrendo esporadicamente temperaturas superiores a 55°C na profundidade de 10cm. Na profundidade de 20cm, a temperatura máxima atingida foi de 45,6°C. As temperaturas relatadas no solo solarizado permitem inferir que a região apresenta potencial físico para o controle de vários patógenos até a profundidade de até 10cm.

No ambiente natural, os valores médios dos elementos insolação e temperatura máxima do ar, medidos em estação climatológica situada a 100m ao sul da estufa plástica, foram 6,6h e 30,1°C no mês de janeiro de 1996 e 6,9h e 28,6°C no mês de fevereiro, respectivamente.

Analisando-se a Figura 3, verifica-se que não houve diferença no percentual de esclerócios viáveis entre os diferentes profundidades e períodos de solarização. Já em relação ao fator principal, entre os níveis solo solarizado e sem cobertura plástica houve diferença. Como pode ser observado a solarização foi eficiente diminuindo a germinação dos esclerócios em 100%, independente do tempo de solarização e da profundidade de inoculação dos esclerócios no interior do solo.



SOLARIZADO
SEM COBERTURA PLÁSTICA

Figura 2. Valores diários de temperatura máxima do solo solarizado e sem cobertura plástica nas profundidades de 2, 5, 10 e 20cm em estufa plástica. Santa Maria, RS, 1995/96.

A redução na germinação dos esclerócios está associada à temperatura alcançada no interior do solo solarizado, que atingiu valores acima de 60°C a 5cm de profundidade e 50°C a 10cm de profundidade, no período de 60 dias de solarização. A eficiência da solarização a 10cm de profundidade, por um período de solarização de 15 dias, foi de 100% no controle dos esclerócios apesar de não ter ocorrido temperatura acima de 55°C por um tempo superior a 90 minutos. Este fato pode ser devido a vários fatores, sendo um deles a grande variação de temperatura no ciclo diário de aquecimento e resfriamento do solo, que tem um efeito mais severo sobre os patógenos comparado com temperaturas constantes obtidas no experimento laboratorial (DEVAY & KATAN, 1991).

Outro fator a ser considerado é o possível controle biológico através de antagonistas encontrados sobre os esclerócios (KATAN, 1981). Os esclerócios enfraquecidos e mortos pela temperatura elevada e a alta umidade do solo propiciam o ataque de microorganismos saprófitos, decompondo os esclerócios no decorrer de 60 dias de tratamento com solarização. Foram constatados vários saprófitas entre eles o *Fusarium sp.*, *Thichoderma sp.*, *Penicillium sp.* e bactérias que também podem estar associadas ao controle. Portanto a técnica da solarização é eficiente no controle da *Sclerotinia sclerotiorum* em área de estufa plástica.

Tabela 1. Número de dias com temperaturas igual ou acima de níveis térmicos letais a patógenos, durante no mínimo 90 minutos, ocorridos no solo solarizado e sem cobertura plástica por quinzena, no interior de estufa plástica em Santa Maria, 1995/96.

Quinzena	Profundi- dade (cm)	Número de	
		≥ 50°C	≥ 55°C
Solo solarizado			
23/12/95 a 06/01/96	2	8	7
	5	6	5
	10	4	0
	20	0	0
07/01/96 a 21/01/96	2	11	7
	5	10	7
	10	6	1
	20	0	0
22/01/96 a 05/02/96	2	9	5
	5	5	4
	10	3	1
	20	0	0
06/02/96 a 20/02/96	2	11	10
	5	11	9
	10	4	1
	20	0	0
Solo sem cobertura			
23/12/95 a 06/01/96	2	0	0
	5	0	0
	10	0	0

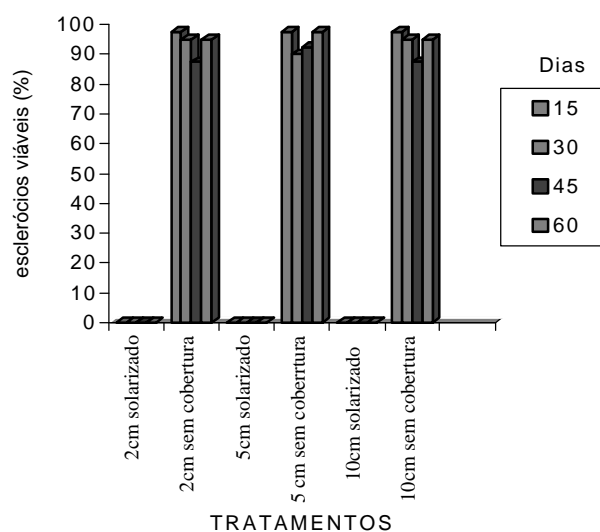


Figura 3. Efeito dos níveis com e sem solarização sobre esclerócios de *S. sclerotiorum*, em estufa plástica nas profundidades de 2, 5, e 10 cm submetido por período de 15, 30, 45 e 60 dias. Santa Maria, RS, 1995/96.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- BURIOL, G.A, ESTEFANEL, V., SCHNEIDER, F.M., et al. Insolação e radiação solar na região de Santa Maria, RS. II – Disponibilidade e variabilidade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 205-223, 1991.
- COOK, G.E., STEADMAN, J.R., BOOSALIS, M. G. Survival of *Whetzelinia sclerotiorum* and initial infection of dry edible beans in western, Nebraska. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 65, p. 250-255, 1975.
- DEVAY, J.E., KATAN, J. Mechanisms of pathogen control in solarized soils. In: KATAN J., DEVAY, J. E. **Soil solarization**. Florida : CRC Press, 1991. Cap. 7, p. 87-101.
- FREEMAN, S., SZTEJNBERG, A., SHABI, E., et al. Longterm effect of soil solarization for the control of *Rosellinia necatrix* in apple. **Crop Protection**, Guildorf, v. 9, p. 312-316, 1990.
- KATAN, J., Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 19, p. 211-236, 1981.

- KATAN, J., GREENBERGER, A., ALON, H., Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soilborne pathogens. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 66, p. 683-688, 1976.
- KATAN, J., ROTEM, I., FINKEL, Y., et al. Solar heating of the soil for the control of pink root and other soilborne diseases in onions. **Phytoparasitica**, Rehovot, v. 8, n. 1, p. 39-50, 1980.
- KATAN, J., GRINSTEIN, A., GREENBERGER, A., et al. The first decade (1976-1986) of soil solarization (Solar heating): A chronological bibliography. **Phytoparasitica**, Bet Dagan, v. 15, n. 3, p. 239-255, 1987.
- LEE, F. N. Effect of soil solarization with clear plastic and shallow flood on the survival of *Rhizoctonia solani sclerotia*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 75, p. 1291, 1985. (Abstr.).
- MIHAIL, J.D., ALCORN, S. M., Effects of soil solarization on *Macrophomina phaseolina* and *Sclerotium rolfsii*. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 68, p. 156-159, 1984.
- PULLMAN, G.S., DEVAY, J.E., GARBER, R.H., Soil solarization and thermal death: a logarithmic relationship between time and temperature for four soilborne plant pathogens. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 71, n. 9, p. 959-964, 1981.
- SCHNEIDER, F.M., STRECK, N.A., BURIOL, G.A. Modificações físicas causadas pela solarização do solo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 149-157, 1993.
- STRECK, N.A. **Modificação na temperatura do solo causada pela solarização em estufa plástica**. Santa Maria, RS, 1994. 79p. Dissertação (Mestrado em Agronomia Produção Vegetal) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 1994.
- TJAMOS, E.C., BIRIS, D.A., PAPLOMATAS, E.J. Recovery of olive trees with *Verticillium wilt* after individual application of soil solarization in established olive orchards. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 75, p. 557-562, 1991.