

# Coletor solar para desinfestação de substratos para produção de mudas

*Raquel Ghini<sup>1</sup>*

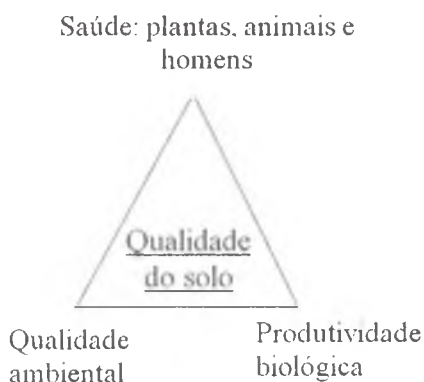
As doenças de plantas causadas por patógenos veiculados pelo solo constituem um dos principais problemas para a maioria das culturas. Esses patógenos podem ser definidos como microrganismos que passam a maior parte de seu ciclo de vida no solo, infectam órgãos subterrâneos ou caules das plantas, têm capacidade de sobreviver no solo por um longo período na ausência de seus hospedeiros, possuem capacidade de competição saprofítica e seus estádios de disseminação e sobrevivência são confinados ao solo, embora possam produzir esporos disseminados pelo ar ou água (Michereff et al., 2005). Os danos causados por esses microrganismos incluem a destruição das sementes ou outros órgãos de propagação, tombamento de plântulas, murcha devido a danos no sistema vascular, apodrecimento e destruição de raízes. Em consequência, há uma queda na quantidade e qualidade da produção, originando sérios prejuízos ao agricultor. Entre os principais gêneros de microrganismos causadores dessas doenças estão, por exemplo, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Verticillium*, *Sclerotium*, *Sclerotinia*, *Ralstonia*, *Agrobacterium* e *Meloidogyne*.

Qualquer método de controle adotado deve levar em consideração o conceito de qualidade de solo (Fig. 1). Tal qualidade é definida como a capacidade do solo de funcionar num ecossistema, de modo a sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e a saúde de plantas, animais e homens (Doran & Parkin, 1994). Métodos que interferem nessas funções devem ser evitados ou medidas adicionais devem ser tomadas para redução dos impactos. Por esse motivo, o controle preventivo é o mais

---

<sup>1</sup> Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, D.Sc., Pesq. Embrapa Meio Ambiente, Caixa Postal 69, CEP 13820-000 Jaguariúna - SP, raquel@cnpma.embrapa.br

recomendável, evitando-se a entrada do patógeno na área, por exemplo, mediante cuidados com a qualidade da água de irrigação, de sementes e mudas, e outros materiais que possam conter propágulos do microrganismo. Uma vez introduzidos e estabelecidos no solo, tanto a convivência quanto a erradicação desses patógenos apresentam problemas, devido aos poucos métodos de controle disponíveis e suas desvantagens.



**Figura 1.** Conceito de qualidade do solo (Doran & Parkin, 1995).

O preparo de substratos é fundamental para a obtenção de mudas de qualidade. Além de ter características físicas e nutricionais adequadas, é necessário que o substrato seja isento de microrganismos fitopatogênicos. A instalação de uma cultura com mudas infectadas permite que a doença se manifeste numa fase inicial, afetando diretamente a produção devido à morte precoce das plantas. O estabelecimento de patógenos na área pode significar perdas constantes, restrição de plantio de algumas culturas, além de impactos dos métodos de controle.

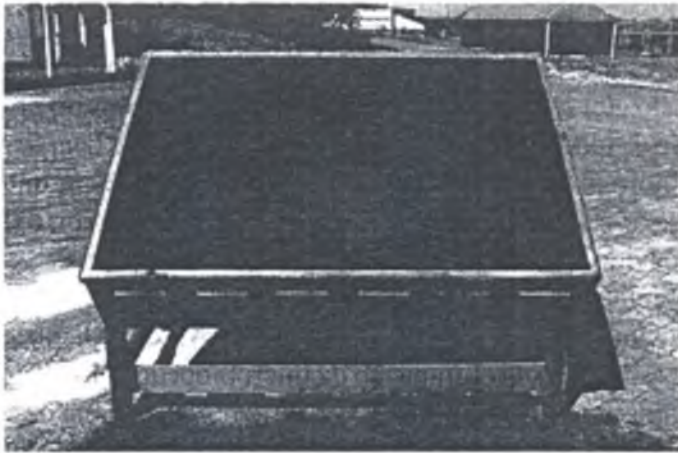
Dentre os métodos para desinfestação de substratos para produção de mudas, o controle químico apresenta problemas quanto a custo, eficiência e contaminação do aplicador, do alimento produzido e do ambiente. Poucos produtos estão registrados para tratamento de solo. O principal fumigante, o brometo de metila, teve seu uso proibido no Brasil a partir de janeiro de 2007. O produto era adotado por diversos agricultores devido à alta eficiência,

rápida e consistente ação, ausência de problemas com resistência, fácil penetração no solo, fácil dissipação após o tratamento e versatilidade para aplicação em diferentes regiões, tipos de solo e climas. Entre as desvantagens estavam a alta toxicidade e volatilidade, o que colocava em risco a segurança dos trabalhadores, além de problemas com poluição do ar, contaminação da água e custo elevado. Uma das principais desvantagens do produto era a eliminação de todos os organismos do solo, inclusive os benéficos, criando “vácuos biológicos”, que são espaços sem vida e que permitem a livre multiplicação do patógeno após uma reinfestação. Porém, o produto foi proibido devido aos danos na camada de ozônio do planeta.

A aplicação de vapor produzido por caldeiras é um dos métodos físicos mais antigos de tratamento de substratos. A técnica também sofre dos problemas advindos da eliminação da microbiota do solo, devido às altas temperaturas atingidas. Além disso, podem ocorrer reações químicas, especialmente com a matéria orgânica, alterando as propriedades do solo; e o alto custo do equipamento pode tornar proibitivo seu uso. Entretanto, o método tem as vantagens de não ser um tratamento químico, ter amplo espectro de ação, alta eficiência, aplicação relativamente fácil, requer pouco tempo de aeração do material tratado para poder ser usado e é adaptável a muitas condições.

A demanda por métodos não químicos para o processo de produção agrícola tem aumentado devido à maior pressão da sociedade em favor da preservação da natureza, de produtos agrícolas sem resíduos e sem riscos para os trabalhadores. Um equipamento, denominado coletor solar, foi desenvolvido pelo Instituto Agrônomo de Campinas (Divisão de Engenharia Agrícola) e pela Embrapa Meio Ambiente para desinfestar substratos utilizados em recipientes (sacos plásticos, bandejas, vasos e outros), em viveiros de plantas, com o uso da energia solar, sem causar danos ao ambiente. O primeiro equipamento, denominado coletor solar plano, foi desenvolvido por Armond et al. (1990). O coletor era constituído de canaletas de chapa de alumínio, onde se colocava o solo (Ghini et al., 1992). Posteriormente, Ghini & Bettiol (1991) substituíram as canaletas por tubos, com a finalidade de facilitar a carga e descarga de substratos (Fig. 2). O coletor vem sendo utilizado por

viveiristas e agricultores há anos, e tem apresentado diversas vantagens em relação aos outros métodos de desinfestação de substratos.



**Figura 2.** Coletor solar para desinfestação de substratos (Ghini & Bettiol, 1991).

## DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

O coletor solar consiste, basicamente, de uma caixa de madeira (1 x 1,5 m) que contém seis tubos metálicos e uma cobertura de plástico transparente, que permite a entrada dos raios solares (Fig. 3) (Ghini & Bettiol, 1991). A madeira deve ser de boa qualidade, envernizada ou pintada com tinta adequada para aumentar a durabilidade do equipamento, podendo ser usado compensado naval. Deve-se procurar adquirir madeira certificada, de acordo com normas técnicas de manejo florestal sustentável. O fundo da caixa é construído com madeira ou compensado e uma chapa metálica (de alumínio ou chapa galvanizada) pintada de preto fosco. A colocação de isolantes térmicos (isopor, lã de vidro) no fundo do coletor (entre a chapa de alumínio e a madeira) auxilia a retenção do calor no interior da caixa, porém não é indispensável. Quanto menor a perda de calor, mais eficiente será o tratamento.

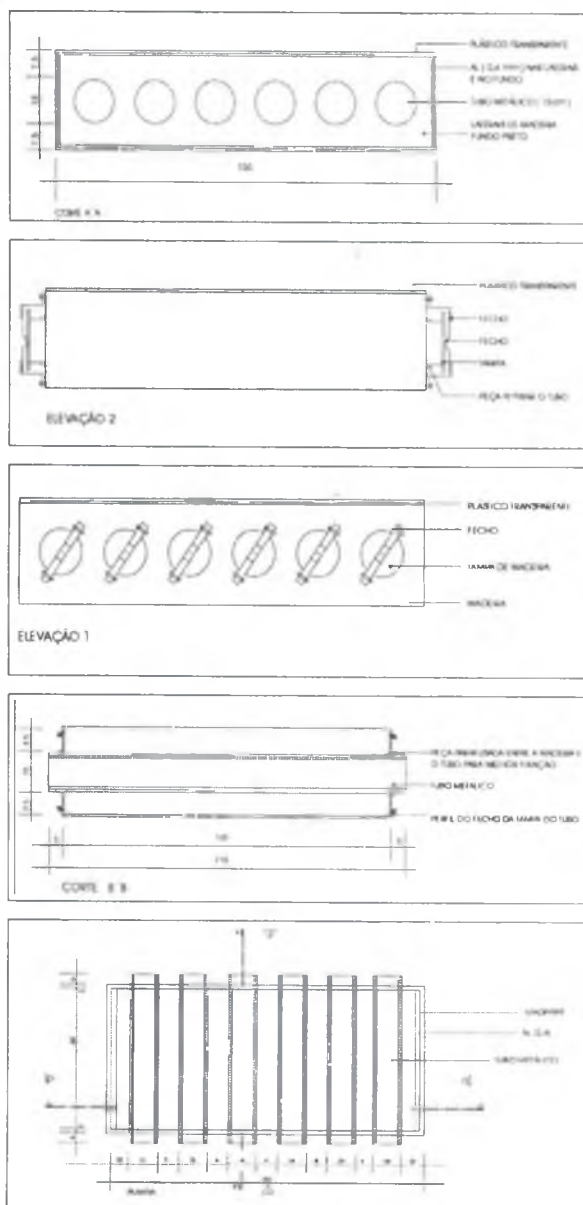


Figura 3. Projeto para construção do coletor solar (dimensões em cm) (Ghini & Bettiol, 1991). Al = chapa de alumínio.

Os tubos, com 15 cm de diâmetro, podem ser de ferro galvanizado (calhas de residências) ou alumínio (tubos de irrigação, por exemplo) ou qualquer outro material metálico, pintados com tinta preta fosca pelo lado de fora. Não é recomendada a pintura do interior dos tubos, já que durante o tratamento pode haver liberação de compostos tóxicos no substrato. Não podem ser utilizados tubos de PVC ou outros materiais não metálicos, pois as temperaturas atingidas não são suficientes para um controle adequado. O plástico localizado na parte superior da caixa deve ser transparente, preferencialmente espesso e fixado nas laterais da caixa para evitar a entrada de água de chuva. O equipamento pode ser construído com sucata, o que reduz o custo. Com cuidados mínimos de manutenção, pode durar muitos anos.

Os coletores são instalados com exposição na face Norte e um ângulo de inclinação semelhante à latitude local acrescida de  $10^\circ$ . Por exemplo, Jaguariúna, SP, está localizada na latitude de  $23^\circ$ , assim a caixa deve ser instalada com ângulo de  $33^\circ$  de inclinação. Para obter esse ângulo de inclinação, o cavalete que suporta o coletor deve ter os pés dianteiros com a altura de 36 cm, os pés traseiros com 90 cm, sendo eles espaçados por 84 cm.

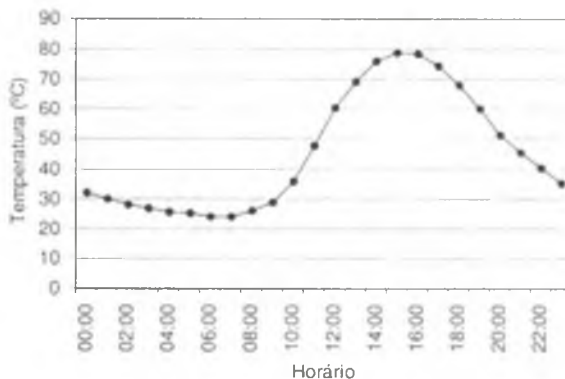
Qualquer tipo de substrato pode ser tratado, isto é, qualquer mistura de solo e diferentes materiais. O substrato pode ser composto por solo em mistura com materiais orgânicos, conforme as exigências da cultura. Sugere-se que a umidade do substrato não seja alta, pois a água dificulta a condução do calor para o interior dos tubos. Além disso, materiais que não veiculam fitopatógenos não precisam ser tratados. Cada coletor tem capacidade para tratar 120 L de substrato por dia de radiação plena. As dimensões não devem ser alteradas, pois podem prejudicar a eficiência do equipamento. Para o tratamento de maiores volumes, recomenda-se a construção de maior número de coletores, pois o aumento do diâmetro dos tubos acarreta em redução de eficiência.

O substrato é colocado dentro dos tubos pela abertura superior e, após o tratamento, retirado pela inferior, por meio da força da gravidade. Os coletores são carregados no período da manhã, permanecem expostos ao sol durante um dia de radiação plena, são descarregados no dia seguinte e podem ser novamente carregados. Assim, os coletores podem ser

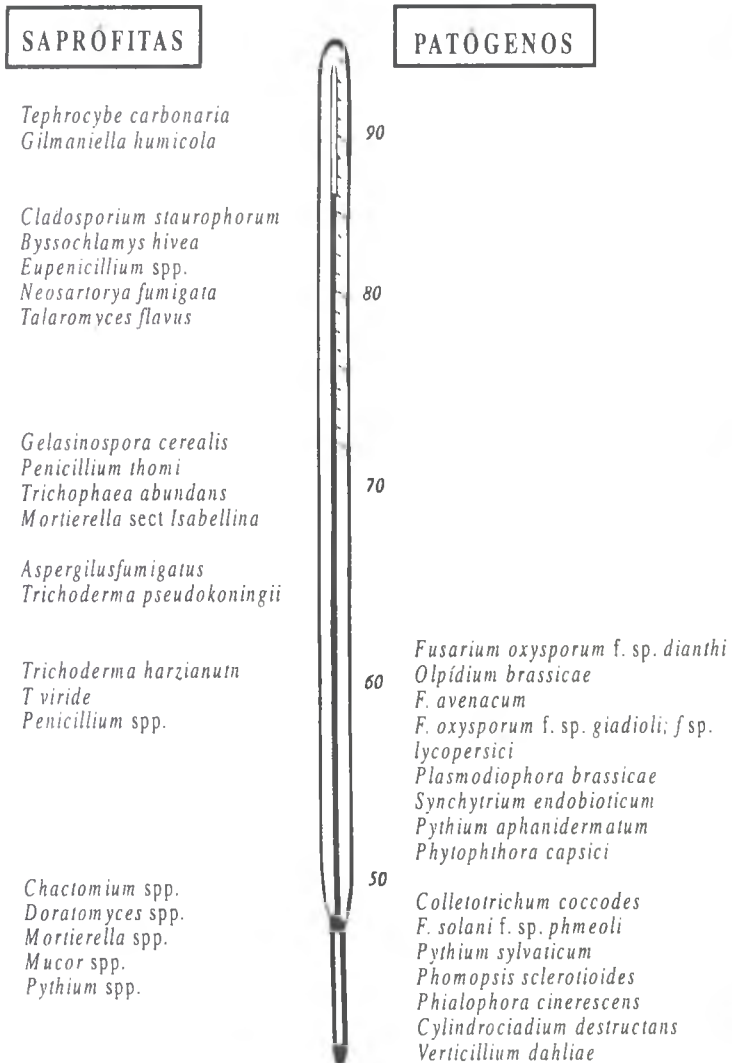
recarregados diariamente e o substrato tratado pode ser imediatamente utilizado. A operação de carregamento é facilitada se for realizada com auxílio de um funil e o substrato tratado pode ser recolhido em “padiolas”. O coletor solar pode ser usado durante o ano todo, exceto em dias de chuva. Em dias nublados ou chuvosos, o equipamento não funciona devido à menor quantidade de radiação solar. O substrato pode permanecer no coletor até que ocorra um dia inteiro de radiação plena. Para contornar esse problema, sugere-se tratar o substrato com antecedência e armazenar em local limpo, sem perigo de nova contaminação, para ser utilizado nesses dias.

### PRINCIPAIS RESULTADOS

O principal mecanismo de controle do coletor solar é o aquecimento do substrato a temperaturas suficientes para eliminar os patógenos (Fig. 4). Apesar disso, não há a eliminação da comunidade microbiana do solo, pois diversos saprófitas suportam o tratamento (Fig. 5). Mesmo após sete dias de exposição no coletor, o substrato apresenta uma comunidade residual de fungos, bactérias e actinomicetos (Ghini, 1993). Por permitir a sobrevivência de microrganismos termo-tolerantes, o substrato tratado no coletor apresenta maior dificuldade de reinfestação por patógenos habitantes do solo, sendo essa uma das vantagens do equipamento, o que não ocorre nos tratamentos com brometo de metila e vapor, que esterilizam o solo, criando um “vácuo biológico”.



**Figura 4.** Temperaturas médias do substrato dentro de um coletor solar durante um dia de radiação plena.



**Figura 5.** Temperaturas letais para fungos saprófitas e fitopatogênicos habitantes do solo submetidos a 30 minutos de tratamento (adaptado de Baker & Roistacher, 1957; Bollen, 1969 e 1985).



Randig et al. (2002) verificaram que há um decréscimo na comunidade de fungos micorrízicos-arbusculares a partir do segundo dia de tratamento no coletor solar, mas que não resultou em menor crescimento das plantas. Pelo contrário, plantas de milho apresentaram maior desenvolvimento quando cultivadas em solo tratado, a despeito da ausência de micorrizas, que em solo não tratado. Resultado semelhante foi obtido por Donzeli (2006) que verificou uma redução da microbiota do solo, logo após o tratamento no coletor solar, refletida pela diminuição do carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, microrganismos amonificadores, nitrificadores, celulolíticos, amilolíticos e bactérias não fluorescentes. Outros indicativos de alteração da microbiota foram o aumento da relação C/N da biomassa microbiana, redução da liberação de CO<sub>2</sub> pela respiração de microrganismos do solo e aumento do quociente metabólico. Entretanto, com o tempo, até 30 dias após o tratamento, a microbiota do substrato se restabeleceu. Espécies de *Pseudomonas* do grupo fluorescente foram positivamente influenciadas pelo tratamento. As plantas de alface cultivadas no substrato tratado tiveram maior crescimento e houve redução média de 92,3% na emergência de plantas invasoras.

Alguns patógenos habitantes do solo podem ser inativados no coletor em algumas horas de tratamento, em razão das temperaturas atingidas e da maior sensibilidade térmica desses microrganismos. Porém, recomenda-se o tratamento por um ou dois dias de radiação plena para se obter maior segurança quanto à eficiência dos coletores. Um dia de tratamento no coletor solar foi suficiente para erradicar *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolfsii* e *Pythium aphanidermatum* do substrato (Ghini, 1993). O controle de *Phytophthora* foi verificado por Ghini et al. (2000) e May-de Mio et al. (2002). O coletor foi comparado à exposição do substrato dentro de sacos plásticos transparentes (20 x 25 x 4 cm), contendo 2 L de substrato por saco, no período de verão e de inverno. Em sacos plásticos, a *Phytophthora* foi controlada no período do verão, após exposição por 24 e 48 horas, mas não houve controle no teste realizado no inverno. O coletor controlou o patógeno nos dois períodos e promoveu maior desenvolvimento de plântulas de citros.

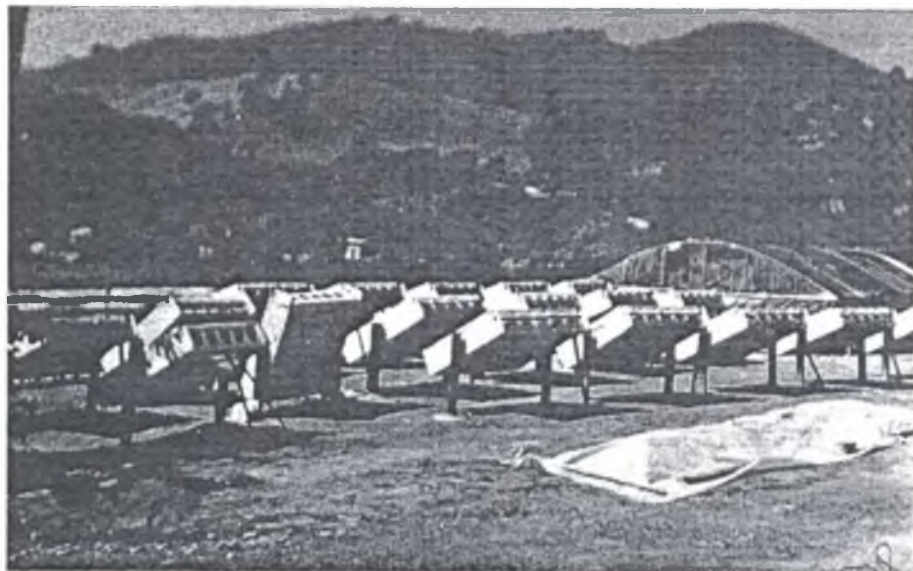
Quanto às bactérias, Ghini et al. (2007) verificaram o controle de *Ralstonia solanacearum* em tomateiro, após o tratamento do substrato durante um dia no coletor solar. O mesmo resultado foi obtido em diferentes épocas do ano. Para o controle de nematóides, Ghini et al. (1998) verificaram que tanto machos quanto juvenis de *Meloidogyne arenaria* foram erradicados de pedaços de raízes infestadas de tomateiro, após tratamento por um dia no coletor. O resultado comprova a eficácia do método de tratamento térmico, pois houve o controle do nematóide, mesmo estando abrigado nas raízes da planta hospedeira.

O controle de plantas invasoras foi estudado por Bueno et al. (2003). O período durante o qual o substrato permanece úmido antes do tratamento no coletor é importante para o controle efetivo, pois permite o processo de germinação das sementes das plantas invasoras. Quando o substrato foi mantido úmido por 14 dias ou mais, antes do tratamento no coletor, nenhuma invasora emergiu.

Quanto às demais características do substrato, Ghini (1993) verificou que a composição química do substrato tratado no coletor não difere do não tratado, mesmo após um longo tratamento de sete dias, demonstrando que as propriedades químicas não são alteradas pelas temperaturas atingidas.

O Núcleo de Produção de Mudanças da CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, vinculada à Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo), situado em São Bento do Sapucaí, SP, é um exemplo de um viveiro que adotou a técnica para tratamento em larga escala de substrato para produção de mudas de frutíferas (Fig. 6). Nesse viveiro, os primeiros solarizadores, assim denominados os coletores no local, foram construídos em 1994 e, desde 1998, o brometo de metila foi totalmente eliminado e substituído pelo coletor. Do ponto de vista fitossanitário, as mudas produzidas em substrato tratado pelo novo sistema têm apresentado a mesma qualidade, mas têm mostrado melhor desenvolvimento. Algumas alterações foram realizadas no modelo original. Os coletores são giratórios, facilitando as operações de carga e descarga. As caixas são construídas com compensado naval (1,4 x 1,2 x 0,25 m) e contêm sete tubos galvanizados ou de alumínio com 12,5 cm de diâmetro. No período da noite, os coletores são cobertos

com lonas, para evitar danos causados pelo orvalho no equipamento.



**Figura 6.** Coletores do Núcleo de Produção de Mudanças da CATI, situado em São Bento do Sapucaí, SP.

Uma avaliação econômica do uso dos coletores foi realizada com base nos dados coletados no Núcleo de Produção de Mudanças da CATI (Ghini et al., 2000). Nesse viveiro, o volume de substrato tratado era de, aproximadamente, 500 m<sup>3</sup>/ano. Os custos anuais foram semelhantes para o tratamento com brometo de metila e com os coletores. O trabalho mostrou que o tratamento com coletor é viável economicamente para viveiros comerciais, mesmo não tendo sido contempladas outras vantagens adicionais na avaliação, como menores riscos à saúde do trabalhador, à qualidade ambiental e os problemas de resíduos decorrentes do uso de brometo.

## VANTAGENS E DESVANTAGENS

O equipamento, quando comparado com outros sistemas tradicionais de desinfestação, apresenta diversas vantagens por não se tratar de um método químico. Não apresenta riscos para o operador, não libera resíduos e não contamina o ambiente. O substrato tratado nos coletores pode ser prontamente utilizado, enquanto que no caso do brometo era necessário um período para aeração e eliminação dos resíduos do produto, que podem ser tóxicos, tanto para a planta, quanto para o trabalhador que manuseá-lo.

Além disso, o uso do coletor permite a sobrevivência de microrganismos termo-tolerantes benéficos que impedem a reinfestação pelo patógeno, o que não ocorre nos tratamentos com brometo de metila e vapor que esterilizam o solo, criando “vácuo biológico”. O coletor solar não consome energia elétrica ou lenha, é de fácil construção e manutenção e tem baixo custo.

Os principais problemas relatados quanto ao uso do coletor são: não pode ser usado em dias chuvosos; necessita de mais mão-de-obra que o tratamento com brometo de metila; e requer manutenção, ainda que simples, para garantir a sua durabilidade. Entretanto, as vantagens são significativas, inclusive do ponto de vista financeiro, pois o custo final do tratamento é inferior. O coletor solar substitui integralmente o uso do brometo de metila e outros produtos químicos no controle de patógenos, sem a necessidade de tratamentos complementares.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMOND, G.; BRAGA, C.A.S.; BETTIOL, W.; GHINI, R. Coletor solar plano para tratamento térmico do solo. *O Agrônomo* 42:185-189,1990.

BAKER, K.F.; ROISTACHER, C.N. Heat treatment of soil. In: BAKER, K.F. (Ed.). *The U.C. system for producing healthy container grown plants*. Berkeley: Calif Agric. Exp. Station Ext. Serv., 1957. p.123-137.

BOLLEN, G.J. De invloed van het stomen op biologische eigenschappen van de grond. *Tuinbouwmededelingen* 32:475-480, 1969.

BOLLEN, G.J. Lethal temperatures of soil fungi. In: PARKER, C.A.; ROVIRA, A.D.; MOORE, K.J.; WONG, P.T.W. Ecology and management of soilborne plant pathogens. St. Paul. Minnesota: APS, 1985. p.191-193.

BUENO, S.C.S.; MAIA, A.H. ; BLAT, S.F. ; CRISTOFFLOLETI, P. J. Resting time of moist substrate to substrate to solarization as method for weed control. Acta Hortic. 607:221-226, 2003.

DONZELI, V. P. Biodiversidade funcional da microbiota e promoção de crescimento de plantas de alface por *Pseudomonas* spp. fluorescentes em substrato solarizado. Campinas: Unicamp, 2006. 109p. (Tese Doutorado).

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B. A. (Eds.). Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: SSSA, 1994. p.3-21.

GHINI, R.; BETTIOL, W. Coletor solar para desinfestação de substratos. Summa Phytopathol. 17:281-286, 1991.

GHINI, R.; BETTIOL, W.; ARMOND, G.; BRAGA, C.A.S.; INOMOTO, M.M. Desinfestação de substratos com utilização de coletor solar. Bragantia 51:85-93, 1992.

GHINI, R. A solar collector for soil disinfestation. Netherl. J. Plant Pathol. 99:45-50, 1993.

GHINI, R.; INOMOTO, M.M.; SAITO, E.S. Coletor solar no controle de *Meloidogyne arenaria* em substratos para produção de mudas. Fitopatol. Bras. 23:65-67, 1998.

GHINI, R.; MARQUES, J.F.; TOKUNAGA, T.; BUENO, S.C.S. Controle de *Phytophthora* sp. e avaliação econômica do coletor solar para desinfestação de substratos, Fitopatol. Venez. 13:11-14, 2000.

GHINI, R.; PATRÍCIO, F.R.A.; ALMEIDA, I.M.G. Control of *Ralstonia solanacearum* in tomato potting medium by the use of a solar collector. Austral. Plant Dis. Notes 2:77-78, 2007.

MAY-De MIO, L.L.; GHINI, R.; KIMATI, H. Solarização para controle de *Phytophthora parasitica* em mudas de citros. Fitopatol. Bras. 27:254-258, 2002.

MICHEREFF, S.J.; ANDRADE, D.E.G.T.; MENEZES, M. Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais. Recife: Imprensa Universitária da Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2005. 398p.

RANDIG, O.; MEDEIROS, C.A.B.; SPERANDIO, C.A. Efeito da desinfestação do solo pelo uso de energia solar sobre fungos micorrízicos arbusculares. Rev. Bras. Ciência Solo 26:135-140, 2002.

