

## 太阳能加热防治根结线虫时覆膜、 土壤类型与有机物对土壤温度的影响<sup>\*</sup>

侯茂林<sup>1</sup> 刘晓英<sup>2</sup>

(1. 植物病虫害生物学国家重点实验室, 中国农业科学院植物保护研究所 北京 100094;  
2. 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所 北京 100081)

**摘 要** 试验研究了覆膜方式(双层膜、单层膜和不覆膜)、土壤类型(中壤土、砂壤土)与有机物(添加牛粪和不添加牛粪)对太阳能加热时土壤温度的影响。覆盖透明膜可显著提高土壤日平均温度和日最高温度,10 cm、20 cm 和 30 cm 深度土壤日平均温度分别达 40℃、38℃和 36℃以上,日最高温度分别达 43.3℃、39.0℃和 36.5℃以上。覆盖透明膜可明显延长土壤高温( $\geq 35^\circ\text{C}$ )持续时间并提高土壤日温差,土壤温度超过 35℃的累计时间达 22.5h 以上,10 cm、20 cm 和 30 cm 深度土壤日温差分别在 7.1℃、2.6℃和 0.8℃以上。覆盖双层膜土壤日平均温度、日最高温度、高温持续时间及日温差比单层膜高,且在 10 cm 深度尤为突出。除 20 cm 深度外,土壤类型对日平均温度和日最高温度没有影响。添加牛粪能使 0~20 cm 土层土壤日平均温度提高 2℃以上,显著高于不添加对照。故覆盖透明膜和添加牛粪可显著提升 30 cm 深度内的土壤温度,利用太阳能加热可望降低土壤中根结线虫种群数量。

**关键词** 太阳能 透明膜 有机物 土壤温度 温室 根结线虫

**Influence of transparent film mulch, soil type and organic soil amendment on temperature of soil under solarization for root-knot nematode control.** HOU Mao-Lin<sup>1</sup>, LIU Xiao-Ying<sup>2</sup> (1. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094, China; 2. Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China), *CJEA*, 2007, 15(5): 46~50

**Abstract** The effect of film mulch (double mulch, single mulch and no mulch), soil type (medium loam and sandy loam) and organic matter (with and without cow dung) on temperature of soil sterilized by solarization to control root-knot nematode was investigated. It is found that transparent polyethylene film mulch significantly boosts daily average soil temperature and daily maximum soil temperature at 10 cm, 20 cm and 30 cm soil depths, daily average soil temperatures being above 40℃, 38℃ and 36℃, and daily maximum soil temperatures above 43.3℃, 39.0℃ and 36.5℃, respectively. Film mulch also markedly extends high temperature duration and improves daily temperature difference. Cumulative temperatures over 35℃ lasts for more than 22.5h and daily temperature differences at 10 cm, 20 cm and 30 cm soil depths are over 7.1℃, 2.6℃ and 0.8℃, respectively. Double film mulch is superior to single film mulch in terms of daily average soil temperature, daily maximum temperature, high temperature duration and daily temperature difference, especially at 10 cm soil depth. With the exception of the 20 cm soil profile, soil type exerts no influence on daily average soil temperature and daily maximum temperature at the 10 cm and 30 cm soil depths. Organic amendment with cow dung can significantly enhance daily average temperature within 20 cm depth of soil by over 2℃. It is concluded that soil solarization with transparent film mulch and cow dung amendment is promising in increasing soil temperature to the extent needed to control *Meloidogyne incognita* population within 30 cm soil depth in the study area.

**Key words** Solarization, Transparent plastic film, Organic soil amendment, Soil temperature, Greenhouse, Root-knot nematode

(Received Aug. 20, 2006; revised Oct. 25, 2006)

设施园艺自 20 世纪 70 年代以来在我国发展极为迅速<sup>[1]</sup>, 但我国设施园艺以日光温室为主, 大多数温室种植黄瓜等少数经济价值较高的蔬菜, 菜农往往连年种植, 土传病害十分严重, 最突出的是黄瓜根结线虫 (*Meloidogyne incognita*)<sup>[2]</sup>。黄瓜根结线虫主要侵害根部, 在侧根上形成绿豆大小的串球状瘤状物, 破坏根

<sup>\*</sup> 中央科研院所社会公益研究专项项目(2004DIB4J156)资助

收稿日期: 2006-08-20 改回日期: 2006-10-25

组织的分化和生理活动,水分和养料运输受阻,植株矮小瘦弱,开花迟甚至不开花,结果少而小,重病株未老先衰。此外,线虫侵染造成的伤口有利于其他病原物侵入,形成复合病害而加重损失<sup>[3]</sup>。黄瓜根结线虫一般导致减产20%~30%甚至绝收<sup>[3]</sup>。化学药剂至今仍是根结线虫防治的主要手段,如高毒有机磷农药和溴甲烷熏蒸剂<sup>[4]</sup>,成本高且严重影响环境和生物多样性,药剂残留对人体健康极为不利。溴甲烷破坏大气臭氧层,被国际公约列为受控和逐步淘汰的物质<sup>[4]</sup>。寻求高效、环境友好和无残留的根结线虫综合治理技术已成为当务之急。

太阳能加热是近年来国际上迅速发展的一种作物土传病害防治技术<sup>[10]</sup>。该技术目前主要应用于花园、苗床和温室,在夏季气温很高的地区开始应用于露地作物<sup>[11]</sup>。太阳能加热对茎腐病、枯萎病、根结线虫、黄萎病、根腐病等多种土传病害具有抑制作用,同时能增大根系生物量<sup>[5,12~16]</sup>。利用太阳能加热抑制土传病害的基础是多数植物病菌和有害生物是中温的,它们在温度高于31~32℃时不能生长,可被太阳能加热湿土时所达到的高温直接或间接杀死,而耐高温和湿热的有益土壤微生物通常能存活下来<sup>[17]</sup>。另外,根结线虫的致死温度是40℃,若土壤温度达到致死温度可直接将其杀死<sup>[6]</sup>。土壤所能达到的最高温度是制约太阳能加热防治土传病害效果的重要指标之一,且土壤温度的持续时间对病原菌的存活几率亦有重要影响<sup>[18,19]</sup>。刘晓英等<sup>[7]</sup>报道,单层黑塑料膜覆盖时土壤温度显著高于未覆膜对照,但黑膜覆盖下土壤所达到的热量条件比透明膜差<sup>[8]</sup>。本试验研究了太阳能加热时覆膜方式、土壤类型和有机添加物对土壤日平均温度、日最高温度、高温持续时间和日温差的影响,以期利用太阳能加热防治黄瓜根结线虫提供依据。

## 1 研究区域概况与研究方法

试验地河北省固安县牛坨镇位于北纬39°35',东经116°35',多年平均降雨量543.7 mm,年均气温11.8℃,年日照时数2547.2h。试验温室东西走向,长42m,连作13年黄瓜,前茬黄瓜品种为“JZ2”,根结线虫为害严重。试验温室土壤为中壤土和砂壤土,处理前土壤容重分别为1.45g/cm<sup>3</sup>和1.29g/cm<sup>3</sup>,有机质含量分别为11.4mg/g和10.2mg/g,土壤含水量分别为21.0%和15.7%,pH分别为7.8和7.5。

试验于7月6日至8月16日进行,透明膜覆盖方式设置双层膜、单层膜和未覆膜3种处理,土壤类型设置中壤土和砂壤土2种处理。覆膜方式和土壤类型组合共6种处理,每处理3次重复,共18个小区,各小区长3.3m,宽2.6m,面积8.58m<sup>2</sup>,长边东西走向,完全随机区组设计排列。试验所用LDPE透明薄膜由河北省华丰塑料制品厂生产,厚度0.03mm,覆盖双层膜时双层膜之间相隔5cm。覆膜前先在各小区均匀撒施未经腐熟牛粪(1t/1000m<sup>2</sup>)并翻地,深度为35~40cm,之后给各小区灌水使耕层土壤达到饱和含水量(砂壤土和中壤土的饱和含水量分别为30.9%和26.5%),最后用薄膜覆盖,膜四周用湿土压实,防止热量散失。为明确添加有机物对土壤温度的影响,在中壤土温室中设置不添加牛粪的小区,采用单层膜覆盖,重复3次,小区其他处理方法同上。

每小区随机确定3个温度测定点,采用曲管地温计分别测定10cm、20cm和30cm深度土壤温度,测定点固定。每天9:00、12:00、15:00、18:00记录各小区不同深度的土壤温度,每3d观测1次。根据天气预报,在天气晴朗日照时间一般的7月21日,每30min记录1次土壤温度,以便计算不同温度的持续时间。

## 2 结果与分析

### 2.1 覆膜方式与土壤类型对土壤日平均温度和最高温度的影响

在覆盖双层膜、单层膜和未覆膜情况下,10cm、20cm和30cm深度土壤日平均温度存在差异(表1)。10cm深度覆膜方式和土壤类型对土壤日平均温度分别具有显著 $[F_{(2,72)}=63.90, P=0.0001]$ 和不显著 $[F_{(1,72)}=0.043, P=0.873]$ 影响;单层膜和双层膜处理中壤土日平均温度分别达40℃和42℃,相对于未覆膜处理分别上升5.5℃和7.2℃,土壤日平均温度随未覆膜、单层膜和双层膜处理依次显著增大;砂壤土中覆膜方式对土壤日平均温度的影响与中壤土相似,只是温度上升幅度稍小。20cm深度覆膜方式 $[F_{(2,72)}=54.99, P=0.0001]$ 和土壤类型 $[F_{(1,72)}=4.147, P=0.046]$ 对土壤日平均温度均有显著影响;单层膜和双层膜处理中壤土日平均温度均达38℃左右,相对于未覆膜处理分别显著提高5.0℃和5.3℃;砂壤土中覆膜方式对土壤日平均温度的影响与中壤土相似,但温度上升幅度稍大。30cm深度覆膜方式和土壤类型对土壤日平均温度分别具有显著 $[F_{(2,72)}=24.38, P=0.0001]$ 和不显著 $[F_{(2,72)}=0.357, P=0.552]$ 影响;单层膜和双层膜处理中壤土日平均温度均达36℃以上,相对于未覆膜处理分别上升3.1℃和4.0℃;砂壤土中覆膜方式对土壤日平均温度的影响与中壤土相似,但温度上升幅度稍大。覆膜方式和土壤类型对不同深度土壤日

平均温度无交互影响(双因素方差分析,  $P>0.05$ )。覆膜将 10cm、20cm 和 30cm 深度土壤日平均温度分别提高至 40℃、38℃和 36℃以上,且在 10cm 深度双层膜处理的效果比单层膜更高;除 20cm 深度外,土壤类型对土壤日平均温度没有影响。

表 1 不同覆膜方式与土壤类型下 10cm、20cm 和 30cm 深度土壤日平均温度及最高温度 \*

Tab.1 Daily average temperature and the highest temperature of soil at 10cm, 20cm and 30cm depths under combinations of film mulching patterns and soil types

土壤深度/cm Soil depth	土壤类型 Soil type	平均温度/℃ Daily average temperature			最高温度/℃ Highest temperature		
		双层膜	单层膜	未覆膜	双层膜	单层膜	未覆膜
		Double film mulch	Single film mulch	No film mulch	Double film mulch	Single film mulch	No film mulch
10	中壤土	42.0±2.48 aA	40.3±2.17 bA	34.8±1.85 cA	45.4±3.0 aA	43.3±2.5 bA	37.0±2.0 cA
	砂壤土	42.0±2.44 aA	40.0±1.99 bA	35.5±2.00 cA	45.4±3.0 aA	43.6±2.9 bA	37.9±2.1 cA
20	中壤土	37.9±2.29 aA	37.6±2.32 aA	32.6±1.66 bA	39.0±2.1 aA	39.0±2.0 aA	33.6±1.4 bA
	砂壤土	39.6±2.33 aB	38.3±2.27 aB	33.2±1.58 bB	41.3±2.1 aB	40.1±2.0 aB	34.5±1.4 bB
30	中壤土	36.9±2.43 aA	36.0±2.39 aA	32.9±2.02 bA	37.2±2.3 aA	36.5±2.1 aA	33.5±1.9 bA
	砂壤土	36.9±2.40 aA	37.2±2.43 aA	32.7±1.87 bA	37.6±2.2 aA	37.7±2.2 aA	33.1±1.8 bA

\* 表中数值表示为平均值±标准差;采用双因素方差分析检验覆膜方式和土壤类型对土壤日平均温度与最高温度影响的显著性,不同覆膜方式之间的差异采用 LSD 法进行比较,同一土壤深度内数值后字母相同表示差异不显著( $P>0.05$ )。

同一覆膜方式下土壤日最高温度随土壤深度下降而降低;同一深度土壤日最高温度随双层膜、单层膜和未覆膜处理顺序降低 [ $F_{(2,72)}>28.6, P<0.0001$ ];除 20cm 深度 [ $F_{(2,72)}=10.472, P=0.002$ ]外,土壤类型对日最高温度没有影响 [ $F_{(2,72)}<0.735, P>0.394$ ]。覆膜处理 10cm、20cm 和 30cm 深度土壤日最高温度分别提高到 43.3℃、39.0℃和 36.5℃以上。

## 2.2 覆膜方式对土壤高温持续时间的影响

在天气晴朗日照时数较长(日照时数 7.3h)的 7 月 21 日每 30 min 测定中壤土温度,计算不同深度土壤温度分别高于 35℃、40℃和 45℃的时间(图 1)。10cm、20cm 和 30cm 深度土壤温度超过 35℃的时间未

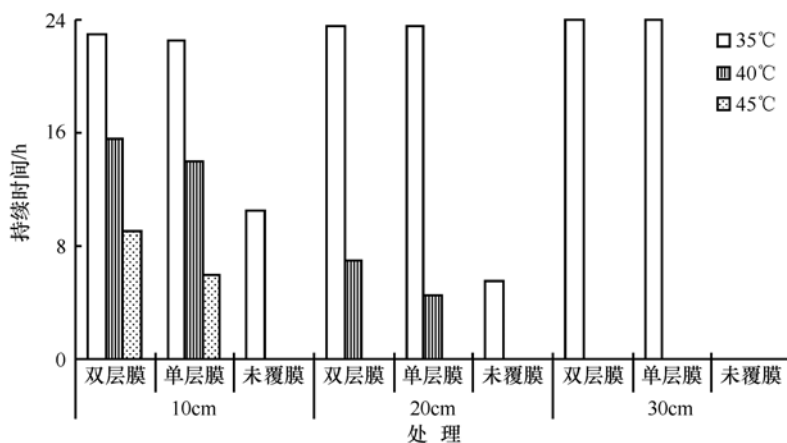


图 1 不同覆膜方式下 10cm、20cm 和 30cm 深度中壤土温度高于 35℃、40℃、45℃所持续的时间

Fig.1 Time duration of medium loam soil temperatures maintained above 35℃, 40℃ and 45℃ at 10cm, 20cm and 30cm depths under different film mulch

覆膜处理分别为 10.5h、5.5h 和 0h,单层膜处理分别为 22.5h、23.5h 和 24.0h,双层膜处理分别为 23.0h、23.5h 和 24.0h。未覆膜处理不同深度土壤温度始终未达到 40℃,在 30cm 深度不同覆膜方式下土壤温度也始终未达到 40℃。10cm 和 20cm 深度土壤温度超过 40℃的时间单层膜处理分别为 14.0h 和 4.5h,双层膜处理分别为 15.5h 和 7.0h。超过 45℃的土壤温度只出现在单层膜和双层膜处理的 10cm 深处,持续时间分别为 6.0h 和 9.0h。表明覆膜处理能延长高温持续时间,且覆盖双层膜处理更能明显延长 40℃和 45℃以上温度的持续时间。

## 2.3 覆膜方式对土壤温度日变化的影响

中壤土不同覆膜方式下土壤温度的日变化不同(表 2)。10cm 深度覆膜方式 [ $F_{(2,144)}=111.95, P=0.0001$ ]和时间 [ $F_{(3,144)}=53.92, P=0.0001$ ]对土壤温度均具有显著影响,15:00 时达到日最高温度,自 9:00 到 15:00 覆盖双层膜、单层膜和未覆膜处理土壤日温差分别为 8.1℃、7.1℃和 5.2℃,温度上升速率分别为 1.35℃/h、1.18℃/h 和 0.87℃/h。20cm 深度覆膜方式 [ $F_{(2,144)}=88.40, P=0.0001$ ]和时间 [ $F_{(3,144)}=9.13, P=0.0001$ ]对土壤温度也具有显著影响,18:00 时达到日最高温度,自 9:00 到 18:00 覆盖双层膜、单层膜和未覆膜处理土壤温度日温差分别为 2.6℃、2.7℃和 1.8℃,温度上升速率分别为 0.29℃/h、0.3℃/h

和  $0.2^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。30cm 深度覆膜方式和时间对土壤温度分别具有显著 [ $F_{(2,144)} = 37.94, P = 0.0001$ ] 和不显著 [ $F_{(3,144)} = 0.65, P = 0.586$ ] 影响, 18:00 时达到日最高温度, 自 9:00 到 18:00 覆盖双层膜、单层膜和未覆膜处理土壤日温差分别为  $0.8^{\circ}\text{C}$ 、 $0.8^{\circ}\text{C}$  和  $0.5^{\circ}\text{C}$ , 温度上升速率分别为  $0.09^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 、 $0.09^{\circ}\text{C}/\text{h}$  和  $0.06^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。覆膜方式和时间对不同深度土壤温度无交互影响(双因素方差分析,  $P > 0.05$ ), 覆膜能较快提升不同深度土壤温度, 增大土壤日温差。

#### 2.4 添加有机物对土壤温度的影响

覆盖单层膜添加有机物后试验期内中壤土 10cm、20cm 和 30cm 深度的日平均温度分别为  $40.3 \pm 2.17^{\circ}\text{C}$ 、 $37.6 \pm 2.23^{\circ}\text{C}$  和  $36.0 \pm 2.39^{\circ}\text{C}$ , 比覆盖单层膜但不添加有机物处理分别提高  $1.9^{\circ}\text{C}$ 、 $2.0^{\circ}\text{C}$  和  $0.9^{\circ}\text{C}$ 。10cm 和 20cm 深度添加牛粪和不添加牛粪处理土壤温度差异显著[10cm 深度  $F_{(1,23)} = 5.23, P = 0.032$ ; 20cm 深度  $F_{(1,23)} = 4.96, P = 0.036$ ], 而 30cm 深度差异不显著 [ $F_{(1,23)} = 0.93, P = 0.345$ ]。覆盖单层膜处理所测土层温度均达到  $35^{\circ}\text{C}$  以上, 但添加有机物能进一步提高土壤温度, 特别是能显著提高 0~20cm 深度内土壤温度。

### 3 小结与讨论

覆盖透明膜和添加有机物能显著提高 30cm 深度内土壤日平均温度, 覆膜能显著提高土壤日最高温度、 $>35^{\circ}\text{C}$  的持续时间和日温度, 且覆盖双层膜比单层膜效果好。

虽然覆膜和添加有机物能显著提高土壤的热量状况, 但太阳能加热抑制根结线虫的效果取决于土壤热量状况与根结线虫对温度的适应和耐受能力之间的对比。对于抑制根结线虫而言, 土壤日平均温度、日最高温度、高温持续时间和日温差均很重要。据报道, 根结线虫存活的上限温度为  $40^{\circ}\text{C}$ <sup>[6]</sup>, 当土壤温度达  $33 \sim 43^{\circ}\text{C}$  时可较好地控制许多土传病害<sup>[18]</sup>。本试验覆膜条件下各深度土壤日平均温度均超过了根结线虫的适宜温度范围, 且 10cm、20cm 和 30cm 深度日最高温度分别达  $43.3^{\circ}\text{C}$ 、 $39.0^{\circ}\text{C}$  和  $36.5^{\circ}\text{C}$  以上, 对根结线虫发育和存活极为不利。高温持续时间对抑制根结线虫也至关重要。如  $63^{\circ}\text{C}$  时只需 1 s 就足以杀死大豆孢囊线虫胞囊中的幼虫, 而  $52^{\circ}\text{C}$  和  $44^{\circ}\text{C}$  时则分别需 8 min 和 8 h<sup>[20]</sup>。Seizo<sup>[19]</sup> 的结果则表明,  $40^{\circ}\text{C}$  周期性加热条件下, 连续 5 d 每天受热 7 h, 根结线虫发病率显著下降; 若在  $35^{\circ}\text{C}$  周期性加热条件下, 每天同样受热 7 h, 则需 10 d 发病率才显著下降。本研究表明, 在气温和日照时数一般的 7 月 21 日, 覆膜处理的各土层超过  $35^{\circ}\text{C}$  的日累积时间远超过 7 h, 在 22.5~24.0 h 之间, 特别是 10cm 和 20cm 深度土壤温度超过  $40^{\circ}\text{C}$ , 日累积时间分别为 14.0~15.5 h 和 4.5~7.0 h, 在 10cm 深度超过  $45^{\circ}\text{C}$ , 日累积时间为 6.0~9.0 h。其中, 双层膜覆盖的高温持续时间长于单层膜覆盖。故覆膜处理可望对 0~30cm 土层内根结线虫产生显著控制效果。覆膜处理还显著增大土壤日温差, 覆膜时 10cm 深度土壤日温差达  $7.1^{\circ}\text{C}$  以上, 20cm 深度达  $2.6^{\circ}\text{C}$  以上。日温差增大可恶化线虫发育, 进一步提高太阳能加热对根结线虫的抑制效果。有报道表明添加有机物可减轻根结线虫为害<sup>[9,21,22]</sup>, 其作用机理比较复杂, 但其中之一是添加有机物可影响土壤温度。本结果表明添加有机物可显著提高 0~20cm 内土壤温度, 增强太阳能加热控制根结线虫的物理和生物作用。

虽然覆膜和添加有机物可显著改变土壤的热量状况, 达到抑制或杀灭土壤根结线虫的目的, 但其增温效果很大程度上取决于处理期间的气象条件。试验地 1963~2004 年间 7、8 月平均气温为  $25.4^{\circ}\text{C}$ , 平均总日照时数为 426.6 h; 2005 年 7、8 月平均气温为  $26.9^{\circ}\text{C}$ , 总日照时数为 328.4 h。试验期间气温比历年偏高 5.9%, 日照时数偏少 29.9%。在覆膜条件下提升地温, 日照比气温更重要。试验地一般年份 7、8 月的气象

表 2 中壤土不同覆膜方式下 10cm、20cm 和 30cm 深度土壤平均温度日变化 \*  
Tab. 2 Daily changes in soil average temperature of medium loam at 10cm, 20cm and 30cm depths under different film mulch treatments

土壤深度/cm Soil depth	时刻 Time	平均温度/ $^{\circ}\text{C}$ Average temperature		
		双层膜 Double film mulch	单层膜 Single film mulch	未覆膜 No film mulch
10	9,00	37.2±2.82 aA	36.1±2.54 aB	31.8±2.43 aC
	12,00	41.3±3.01 bA	39.5±2.41 bB	34.9±2.08 bC
	15,00	45.3±3.18 cA	43.2±2.73 cB	37.0±2.07 cC
	18,00	44.5±2.13 cA	42.7±2.17 cB	35.7±1.72 cC
20	9,00	36.8±2.76 aA	36.3±2.68 aA	31.8±2.12 aB
	12,00	37.1±2.48 aA	36.9±2.69 aA	32.0±1.79 aB
	15,00	38.5±2.23 bA	38.2±2.14 bA	33.2±1.49 bB
	18,00	39.4±2.06 bA	39.0±1.99 bA	33.6±1.44 bB
30	9,00	36.6±2.67 aA	35.7±2.77 aA	32.8±2.27 aB
	12,00	36.6±2.59 aA	35.9±2.63 aA	32.8±2.26 aB
	15,00	37.0±2.43 aA	36.1±2.23 aA	32.9±1.89 aB
	18,00	37.4±2.17 aA	36.5±2.06 aA	33.3±1.81 aB

\* 数值表示为平均值±标准差; 采用双因素方差分析检验覆膜方式与时间对土壤温度影响的显著性, 不同覆膜方式和时间组合下温度之间的差异采用 LSD 法进行比较, 同一土壤深度内数值后字母相同表示差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

条件均能满足利用太阳能加热来控制根结线虫的要求。华北地区日光温室大部分种植黄瓜、番茄等果菜, 每年 6~7 月拉秧, 7、8 月休闲, 可以利用这段时间进行太阳能加热, 达到抑制土壤中根结线虫的目的。

**致谢** 河北省固安县蔬菜管理局于觉民、杜永清参与本研究部分工作, 固安县气象局提供历年气象数据, 长江大学实习本科生胥小平、乔飞、杨光全参与试验调查, 谨表谢意!

### 参 考 文 献

- 1 张真和, 李建伟. 我国设施园艺的发展态势及问题探讨. 中国蔬菜, 1999 (3): 1~4
- 2 朱国仁, 李宝聚. 设施蔬菜产业可持续发展的病虫害防治对策. 中国蔬菜, 2000 (增刊): 20~25
- 3 彭德良. 蔬菜病虫害综合治理(10)——蔬菜线虫病的发生和防治. 中国蔬菜, 1998 (4): 57~58
- 4 赵 鸿, 彭德良, 朱建兰. 根结线虫的研究现状. 植物保护, 2003, 29(6): 6~9
- 5 刘晓英, 杨 修, 马春森. 黑膜覆盖控制黄瓜根结线虫 (*Meloidogyne incognita*) 的效果. 农业工程学报, 2004, 20(4): 234~237
- 6 顾兴芳, 方秀娟, 张天明. 黄瓜根结线虫病的研究概况. 中国蔬菜, 2000 (6): 48~51
- 7 刘晓英, 杨 修, 马春森, 等. 夏季透明膜覆盖对土壤温度的影响. 中国农业气象, 2003, 24(增刊): 109~113
- 8 刘晓英, 刘培军, 杨 修, 等. 利用黑塑膜覆盖进行太阳能消毒对土壤温度的影响. 中国农业气象, 2004, 25(3): 21~25
- 9 张春兰, 吕卫光, 袁 飞, 等. 生物有机肥减轻设施栽培黄瓜连作障碍的效果. 中国农学通报, 1999, 15(6): 67~69
- 10 DeVay J. E. Historical review and principles of soil solarization. FAO Plant Production and Protection Paper, 1991, 109: 1~15
- 11 Stapleton J. J. Soil solarization in various agricultural production systems. Crop Protection, 2000, 19(8): 837~841
- 12 McGovern R. J., McSorley R., Bell M. L. Reduction of landscape pathogens in Florida by soil solarization. Plant Dis., 2002, 86(12): 1388
- 13 Lopez Escudero F. J., Blanco-Lopez M. A. Effect of a single or double soil solarization to control *Verticillium* wilt in established olive orchards in Spain. Plant Dis., 2001, 85(5): 489~496
- 14 Pinkerton J. N., Ivors K. L., Miller M. L., et al. Effect of soil solarization and cover crops on populations of selected soil borne plant pathogens in western Oregon. Plant Dis., 2000, 84(9): 952~960
- 15 Pinkerton J. N., Ivors K. L., Reeser P. W., et al. The use of soil solarization for the management of soil borne plant pathogens in strawberry and red raspberry production. Plant Dis., 2002, 86(6): 645~651
- 16 Nico A. I., Jiménez-Díaz R. M., Castillo P. Solarization of soil in piles for the control of *Meloidogyne incognita* in olive nurseries in southern Spain. Plant Pathol., 2003, 52(6): 770~778
- 17 Katan J. Physical and cultural methods for the management of soil-borne pathogens. Crop Protection, 2000, 19(8): 725~731
- 18 Cartia G. Soil solarization: experiments in Sicily. Informatore Fitopatologico, 1989, 39(5): 49~52
- 19 Seizo H. Soil solarization in Japan. Soil Solarization. Boca Raton: CRC Press, 1991. 215~225
- 20 Endo B. J. Lethal time-temperature relations for *Heterodera glycines*. Phytopathology, 1962, 52: 992~997
- 21 Nico A. I., Jiménez-Díaz R. M., Castillo P. Control of root-knot nematodes by composted agro-industrial wastes in potting mixtures. Crop Protection, 2004, 23(7): 581~587
- 22 Tilston E. L., Pitt D., Groenhof A. C. Composted recycled organic matter suppresses soil-borne diseases of field crops. New Phytologist, 2002, 154(3): 731~740

### 欢迎订阅 2008 年《应用与环境生物学报》

《应用与环境生物学报》由中国科学院主管、中国科学院成都生物研究所主办、科学出版社出版, 国内外公开发行, 是我国应用生物学和环境生物学的核心刊物。主要报道生物学及相关学科在资源开发利用与持续发展、环境整治、退化生态系统恢复与重建, 以及农、林、牧、医、能源、轻工、食品等领域的基础研究、应用基础研究和应用研究的新成果、新技术、新方法和新进展。包括研究论文、研究简报和本刊邀约的综述或述评。读者对象主要为本学科的科研人员、大专院校师生和科研管理干部。

本刊为国内外多个知名数据库收录(国外如 CA、CSA、PЖ、ZR、EP 等, 国内如 CSTPCD、CSCD、CBA、《中文核心期刊要目总览》、万方数据、清华光盘、维普科技、《中国知识资源总库·科技精品期刊库》等), 曾获得四川省一级学术期刊、中国双效期刊和中国农业期刊金犁奖学术类一等奖等。

本刊 1995 年创刊, 1999 年由季刊改为双月刊, 双月 25 日出版, 每期 128 页, 全铜版纸印刷。每期定价 25.00 元, 年定价 150.00 元。国内统一刊号: CN51-1482/Q, 国际标准刊号: ISSN1006-687X。邮发代号: 62-15, 全国各地邮局(所)均可订阅。新订户可向本刊编辑部补购自 1995 年以来的各卷期, 以及 1999 年增刊(环境微生物学研究专辑)。

地址: 四川省成都市人民南路 4 段 9 号 中国科学院成都生物研究所 学报编辑部 邮编: 610041

电话: 028-85237341(联系人: 刘东渝) 传真: 028-85237341

E-mail: biojaeb@cib.ac.cn 网址: http://www.cibj.com