

# 黑膜覆盖控制黄瓜根结线虫 (*Meloidogyne incognita*) 的效果

刘晓英, 杨 修, 马春森

(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:** 从土壤线虫含量、根结级别和黄瓜生长与产量等方面分析了黑膜覆盖控制黄瓜根结线虫的效果。结果显示, 黑膜覆盖消毒并经过一个黄瓜生长季以后, 土壤 5、10、15、20、30 cm 线虫数量比对照减少 26.9%、13.9%、2.9%、1.9% 和 0.9%。控制效果随土壤深度增加而下降, 同时植物寄生线虫数量减少 5%。根结线虫主要分布在 0~30 cm 土层, 占总量的 97.7%~98.5%。从对根系的危害来看, 覆黑膜后黄瓜根结线虫的发病程度比对照明显下降, 为害为 I 级, 而对常规药剂消毒的植株根系为害达到 IV 级。黑膜覆盖消毒不仅使黄瓜产量提高 6%, 畸形瓜率下降 (黑膜覆盖下畸形率为 10%, 对照为 60%), 而且成本比药剂消毒低 57%。尽管黑膜覆盖消毒对土壤线虫含量的控制效果不太理想, 但从黄瓜生长和产量以及根结着生来看, 其控制效果仍然优于药剂消毒。这说明黑膜覆盖主要以降低线虫活性和侵染能力、推迟侵染时间为特征。初步得出结论, 经过 40 d 黑膜覆盖消毒可有效控制黄瓜根结线虫的发生及危害。

**关键词:** 根结线虫; 黑膜覆盖; 土壤曝晒消毒; 黄瓜

**中图分类号:** S432.4<sup>+</sup>5; S625.5<sup>+</sup>1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2004)04-0234-04

## 0 引言

根结线虫是分布最广, 危害最重的植物寄生线虫。就世界范围而言, 线虫对一年生作物造成的损失平均为 12.3%, 相当于每年损失 7.7 亿美元, 近东地区的损失与此大体相当<sup>[1]</sup>。葫芦科、豆科、茄科蔬菜作物受害更重, 因此引起世界各国的关注。由于线虫侵染作物后的症状与营养缺乏时症状十分相似, 其危害具有很大隐蔽性, 使人们对根结线虫造成的损失常常估计不足。线虫对植物的危害不仅在于其本身, 还在于与其它病害的相互作用。因为线虫侵染造成的伤口有利于其他病原物的侵入, 与真菌、细菌等其他病原交互作用, 所致损失也相当可观。

在中国, 随着保护地蔬菜面积不断扩大, 加之重茬严重, 根结线虫的危害不断蔓延和加重, 使防治成本越来越高, 并已成为蔬菜生产的重要限制因素, 一般可减产 20~30%, 甚至绝收<sup>[2]</sup>。由于历史和技术的的原因, 化学防治至今仍是根结线虫防治的主要手段。如杀线虫剂和溴甲烷熏蒸剂。这些化学药剂不仅对土壤、大气造成一定污染, 而且对人体健康极为不利。特别是溴甲烷熏蒸剂, 不仅是一种剧毒物质, 而且被公认为是一种破坏大气臭氧层的物质。因此, 1992 年《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》缔约方第四次全体会议通过的哥本哈根修正案, 已将该物质列为受控和逐步淘汰的物质。因此, 寻求环境友好的替代化学药剂消毒的方法成为许多国家的研究目标之一。

太阳能消毒技术是近年来国外出现的一种环境友好的作物病害防治技术。这项技术起源于薄膜覆盖, 即在一年中最炎热的月份, 用塑料薄膜覆盖潮湿土壤 4 个

星期以上, 提高一定深度土壤的温度, 达到杀死或减少土壤有害生物的目的<sup>[3]</sup>。该技术基于如下事实: 多数植物病菌和有害生物是中温的, 它们在温度高于 31~32 °C 时不能生长, 这些病害被太阳能加热湿土时所达到的高温直接或间接杀死, 而耐高温和湿热的土传微生物通常存活下来。以色列的 Katan 等在 1976 年发表太阳能加热土壤的文章, 开辟了利用太阳能进行非化学植物病害防治的新先河<sup>[4]</sup>。尽管目前该技术仍处在快速发展和完善过程中, 在过去 20 多年已取得令人瞩目的成果<sup>[4]</sup>, 但我国还处于起步研究阶段, 与国外差距很大。本文旨在研究黑膜平铺覆盖下太阳能消毒对黄瓜根结线虫的防治效果, 为探索太阳能消毒在中国北方应用的可行性提供依据。

## 1 材料与方法

试区位于山东省惠民县淄角镇周家村, 北纬 37°30', 东经 117°31', 海拔 11.7 m。该区多年平均降雨量 581 mm, 多年平均气温 12.4 °C, 其中 7、8、9 三个月份多年平均为 26.4 °C、25.2 °C 和 20.1 °C。多年平均日照时数 2612.6 h, 其中 7、8、9 三个月份多年平均日照时数为 223.9 h、227.2 h、231.2 h。

试区土壤为粘质壤土, 土壤容重 1.46 g/cm<sup>3</sup>, 有机质含量 1.13%, 速效磷 33 mg/kg, 速效钾 163.3 mg/kg, 铵态氮 3.6 mg/kg, 硝态氮 26.8 mg/kg, pH 值 8.6。

试验设两个处理, 每处理两个重复。其中一个处理覆盖厚度 0.12 mm 的黑塑料薄膜消毒, 另一个则为对照无覆盖, 采用当地常规药剂消毒, 其中施用土壤一次净 (杀细菌类药) 5 kg, 神农丹 (高毒类杀线虫药) 10 kg。两个处理设在面积为 375 m<sup>2</sup> 的同一休闲的黄瓜日光温室, 小区南北走向, 面积相同, 长 7.5 m, 宽 2.53 m, 面积 18.975 m<sup>2</sup>。

覆盖前首先施用圈肥 267 kg/667 m<sup>2</sup>, 以提高土壤温度。施用碳铵 167 kg/667 m<sup>2</sup>, 目的是利用碳铵的强烈

收稿日期: 2003-10-08 修订日期: 2004-06-30

基金项目: 国家十五科技攻关项目 (2002BA516A01) 资助

作者简介: 刘晓英 (1964-), 女, 河北定兴人, 副研究员, 博士, 主要从事农业环境方面的研究。北京 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 100081。Email: liuxy@cjac.org.cn

气味达到熏杀线虫的目的。然后按当地常规方法翻地, 之后灌水使耕层土壤达到田间持水量, 最后用厚度为 0.12mm 的黑塑料薄膜平铺覆盖。为防止热量损失, 达到最好的土壤增温效果, 薄膜四周用土压实。

2002 年 8 月 2 日开始盖膜至 9 月 10 日揭膜。由于本地的温室黄瓜栽培为冬春茬, 7、8、9 三个月为休闲期, 故消毒时间的长短不会成为限制因素。参考以往文献<sup>[5,6]</sup>, 设计覆盖时间为 40 d。

太阳能消毒处理后, 于 2002 年 10 月 16 日播种育苗, 11 月 16 日移栽定植, 黄瓜品种为军绿 3 号。在 2003 年 1 月 16 日 (移栽后 61 d) 测定黄瓜生长发育状况, 同时在瓜期记录产量。收获时将植株根系挖出确定根结线虫的为害程度, 同时在根际附近随机取土样, 混合后利用直接过筛法<sup>[7]</sup>测定不同处理根结线虫的含量。

## 2 结果与分析

### 2.1 对黄瓜生长及产量的影响

在移栽后 61 d (1 月 16 日), 测定了黄瓜营养生长状况。调查了株高、叶片数、倒 4 叶叶长。每个处理共调查了 24 株, 占整个处理总株数的 15~16%。测定结果见表 1。此外对线虫的侵染情况作了调查。此时正处于黄瓜的开花初瓜期, 黄瓜生长很好, 没有线虫危害的症状。拔出不同处理的植株根系观察, 均没有线虫侵染的迹象。可能因为这时气温仍然较低, 根结线虫活动较少。

由表 1 可见, 覆膜太阳能消毒试区黄瓜叶片数与对照没有显著差异, 为对照的 95.8%。但株高和倒 4 叶叶长均显著大于对照处理, 分别为后者的 116.8% 和 112.3%。总体来看, 覆盖黑膜的黄瓜营养生长稍好于常规药剂消毒处理。

表 1 黄瓜营养生长 (2003-01-16)

Table 1 Vegetative growth of cucumber

	株高/cm	叶片数/片	倒 4 叶叶长/cm
黑膜	1.05	13.2	14.5
对照	0.9	13.8	12.9
t 值	4.468**	1.554	5.093**
注释	t <sub>0.05</sub> = 1.679, 表中 t 值取绝对值		

收获时每个处理随机选 7 株测定绿叶片数和鲜重, 结果见表 2。同样可以看出, 黑膜覆盖处理植株的生物量及绿叶数均显著大于对照, 分别比对照高出 35% 和 13%。

表 2 收获时黄瓜生物量及绿叶片数

Table 2 Biomass and number of green leaf at harvesting time

	鲜重/g · 株 <sup>-1</sup>	绿叶片数/片 · 株 <sup>-1</sup>
黑膜	346.3	37
对照	256.7	33
t 值	2.236**	2.172**
注释	t <sub>0.05</sub> = 1.782, 表中 t 值取绝对值	

各月黄瓜产量见图 1。由图 1 不难看出, 太阳能消毒处理的黄瓜产量明显高于常规药剂消毒的产量。1~6 月份产量分别为对照的 103%、99%、107%、111%、103%、113%, 比对照平均增产 6%。图 1 还显示, 太阳

能消毒处理的产量优势, 在生长后期表现更为明显。

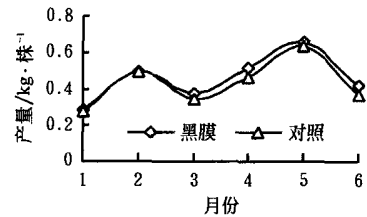


图 1 覆盖处理与对照的产量比较

Fig 1 Yield comparison between the mulched treatment and the check

另一方面, 与对照相比, 黑膜覆盖处理的黄瓜的畸形瓜率明显下降。据 5 月份的测定, 覆膜处理试区黄瓜的瓜型好, 瓜条均匀一致, 畸形瓜率仅为 10%, 商品性好。相比之下, 常规药剂消毒试区的瓜条参差不齐, 一致性很差, 畸形瓜率高达 60%, 市场售价受到很大影响。

### 2.2 对黄瓜根结级数的影响

受根结线虫侵染的病株根系发育不良, 并出现球形或圆锥形大小不等的串珠状瘤状物或根结, 使整个根肿大, 粗糙, 呈不规则状 (图 2a)。瘤状物初为白色, 表面光滑较坚实, 后期根结变成淡褐色, 腐烂。由于根部被破坏, 影响正常的吸收机能, 所以地上部生长发育受阻, 轻者症状不明显, 重者生长缓慢, 植株比较矮小, 生育不良, 结瓜小而且少。在中午气温较高时, 地上部植株呈萎蔫状态; 早晚气温较低或浇水充足时, 暂时萎蔫又可恢复正常。随着病情的发展, 植株逐渐枯死。

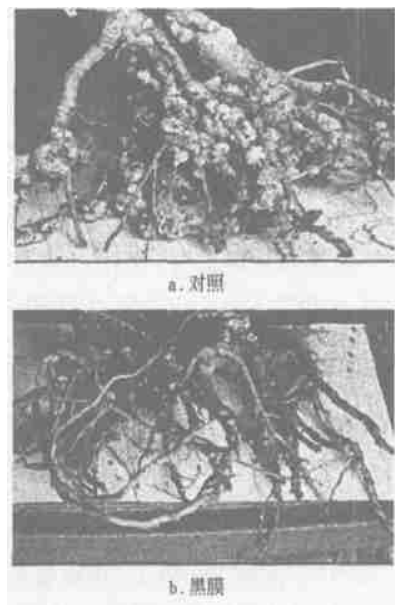


图 2 收获时不同处理根结比较

Fig 2 Comparison of root knots of different treatments at harvesting time

图 2 为收获时不同处理的根结生长比较。可用分级方法表示黄瓜植株或器官发病严重程度, 例如可根据根结着生的多少划分为 5 级<sup>[8]</sup>。根据图 2a, 常规消毒处理的根结已相互连结成为须根团, 其为害等级为最高级 IV 级; 覆膜处理的植株根系, 根结既少又小, 可认为其为害等级为 I 级。进一步将根系和根结分别称重, 发现对照的根结重占总根系重量的 66.3%~93.7%, 而黑膜覆

盖处理的该比例为 7.6%~18.9%。可见,利用黑膜对土壤进行消毒后,黄瓜根结线虫的发病程度比对照低得多。

常规药剂消毒处理的根结线虫之所以发病如此严重,还由于该试区只在种植前利用土壤一次净和神农丹对土壤进行消毒。由于近年来随着根结线虫的不断加重,仅在播前消毒已不能达到理想效果,还必须在生长过程中灌根和增加用药次数。这不仅增加了防治成本,而且对保护地的生态环境,尤其是土壤环境造成进一步污染,最终导致黄瓜农药残留增加。

### 2.3 对土壤根结线虫含量的影响

在每个小区随机选取 5 点,在根际附近分别取土样,取样深度为 5、10、15、20、30 和 40 cm。之后将相同深度的样品混合,每个层次取土约 400 g,用于测定土壤线虫含量,结果见图 3。

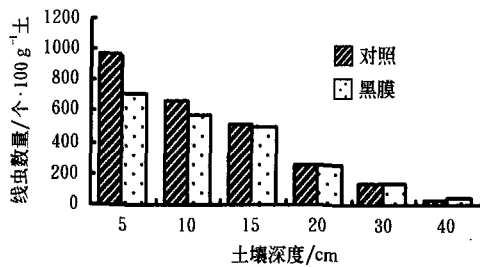


图 3 收获后土壤中根结线虫含量及分布

Fig 3 Population and distribution of root knot nematodes in soil after harvest

由图 3 可见,收获时黑膜覆盖处理的土壤线虫总量明显低于常规消毒处理。在 5、10、15、20、30、40 cm 深处,覆盖处理每 100 g 土壤中的线虫数量分别为 718、577、504、258、128 和 52 个。其中 0~30 cm 和 0~40 cm 土层的总量分别为 2185 和 2237 个,且植物寄生线虫数量占 35%;常规消毒处理试区,在相应深度每 100g 土壤分别含有线虫 982、670、519、264、129 和 39 个,其中 0~30 cm 和 0~40 cm 土层的总量分别为 2563 和 2602,且植物寄生线虫占 40%。可见,覆黑膜处理的,上述土壤深度根结线虫数量为药剂消毒的 73.1%、86.1%、97.1%、98.1%、99.1% 和 135.4%。从数量上看,在 0~10 cm 有一定控制效果,线虫数量下降 13.9%~26.9%;在 15 和 20 cm,控制效果较差,线虫数量只下降 1.9%~2.9%;在 20 cm 以下,线虫数量没有下降。

图 3 还表明,根结线虫的数量随土壤深度增加而减少。其中 0~5 cm 根结线虫占 32.1%~37.7%;5~10 cm 占 25.8%;10~15 cm 占 19.9%~22.5%;15~20 cm 占 10.1%~11.6%;20~30 cm 占 5.0%~5.7%。而 30 cm 以下,根结线虫的含量已经很少,只占 1.5%~2.3%。可见,根结线虫主要分布在 0~30 cm 的土层内,占总量的 97.7%~98.5%。

由于黄瓜是浅根作物,根系主要分布在 5~25 cm 土层,该范围内线虫数量的减少,在某种程度上降低了线虫对黄瓜生长的危害。

## 3 讨论与结论

利用太阳能消毒控制根结线虫的研究,国外已有很多<sup>[5,6,9,10]</sup>。Stapleton 和 Charles<sup>[11]</sup>在作了较为全面的综述后认为,在许多情况下,表层土壤的线虫数量显著减少,线虫对植物的危害显著下降。本研究结果也表明了这一点。

然而,若单纯从土壤线虫含量分析,黑膜覆盖下消毒对线虫的控制效果似乎与常规消毒差得不多。因为 0~10 cm 土层线虫数量下降 13.9%~26.9%;10~20 cm 只下降 1.9%~2.9%;而 20 cm 以下,线虫数量根本没有下降。但从黄瓜生长和产量以及根结着生来看,黑膜覆盖消毒效果比药剂消毒的好。这种现象在以往研究中也出现过报道<sup>[12-14]</sup>。例如,Davies 等<sup>[12]</sup>发现,在太阳能消毒处理与未覆盖对照在病害数量没有显著差异的情况下,植株发病率及症状均显著下降,同时产量和品质显著提高。Oveim an<sup>[13]</sup>和 Abdel Rahim 等<sup>[14]</sup>也发现,尽管太阳能消毒土壤中的线虫没有受到抑制或又迅速繁殖,但还是发现作物产量增加。这可能因为,太阳能消毒的效果持续时间较短。即使如此,这种短期效果仍然很重要。因为若在植株根系生长发育早期不遭受线虫的侵染危害,则后期生长时即使有大量线虫,对根系的影响也会减小。另外,对这种现象的另一种解释是,太阳能消毒降低了线虫的活性和侵染能力<sup>[15]</sup>。可见,尽管太阳能消毒技术本身很简单,但其作用机制却相当复杂,其中包括物理的、化学的以及生物的。根结线虫在土壤中的分布及含量结果表明,不论利用太阳能还是利用化学药剂对土壤进行消毒,并不能根除该病害,但可以使耕层内线虫数量显著减少,或使其活性和侵染力降低,免除对作物危害。就土壤线虫含量而言,黑膜覆盖下太阳能消毒对黄瓜根结线虫的控制主要在 0~10 cm 土层。

利用不同颜色的薄膜覆盖消毒对线虫控制效果有较大影响。刘晓英等<sup>[16,17]</sup>的研究显示,不论从最高土壤温度,还是从持续时间考虑,黑膜覆盖下土壤所达到的热量条件均比透明膜差。因为太阳能消毒主要依赖于高温作用,因此,太阳能消毒应优先选用透明膜。

土壤水分在太阳能消毒过程中是一个非常关键的参数,因为土壤达到的最高温度与土壤含水量成正比<sup>[4,6]</sup>,故湿润土壤比干土的导热性能好,从而使温度传导的更深。此外,多数土传病害对湿热比对干热更加敏感,这使土壤高温对它们的影响更为致命<sup>[18]</sup>。本研究结果表明,只在覆盖前灌一次水,并使耕层土壤达到田间持水量 0.35 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>,覆盖结束后测定 0~30 cm 的平均含水率仍高达 0.34 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>。这样的水分条件可保证较好的土壤热量条件,利于消毒。

从消毒投入成本来看,对照用常规药剂消毒,每个温室需要土壤一次净(杀细菌药)5 kg,成本 20 元;需要神农丹(杀线虫药)10 kg,成本 95 元,总计成本为 115 元,去除太阳能消毒试区的面积,折合为每个温室投入 164 元。而利用太阳能消毒,只需购买地膜。市场上的地膜按重量出售,故其成本的高低取决于地膜厚度。本研

究所采用地膜厚度为 0.12 mm, 整个温室需要投资 70 元。太阳能的消毒成本仅为药剂消毒的 43%, 下降 57%。同时太阳能消毒对环境无毒副作用, 这在我国蔬菜农药残留超标率达 47.5%<sup>[19]</sup>、蔬菜品质日益成为设施蔬菜生产可持续发展瓶颈的大背景下, 本研究的结果具有重要参考意义。

#### [参 考 文 献]

- [1] Barker K R. Opportunities for integrated management of plant-parasitic nematodes in the Near East [A]. In: FAO Plant Production and Protection Paper 144 [M]. (Maqbool M A, Brian K Eds). Rome, 1997.
- [2] 顾兴芳, 方秀娟, 张天明. 黄瓜根结线虫病的研究概况 [J]. 中国蔬菜, 2000, 6: 48- 51.
- [3] 刘松林. 国外应用土壤暴晒技术防治土传有害生物 [J]. 植保技术与推广, 2000, 20(6): 43- 44.
- [4] DeVay J E. Historical review and principles of soil solarization [A]. In: FAO Plant Production and Protection Paper 109 [M]. 1991, 1- 15.
- [5] Noto G. Soil solarization in greenhouse: Effects on tomato crop [J]. Acta Hort, 1994, 357: 237- 242.
- [6] Kumar B, Yaduraju N T, Ahuja K N, et al. Effect of soil solarization on weeds and nematodes under tropical Indian conditions [J]. Weed Research (Oxford), 1993, 33(5): 423 - 429.
- [7] 方中达. 植病研究方法 [M]. 北京: 农业出版社, 1982, 287.
- [8] 方中达. 植病研究方法 [M]. 北京: 农业出版社, 1982, 302.
- [9] Cartia G, Greco N, Cipriano T. Effect of solarization and fumigants on soil borne pathogens of pepper in greenhouse [J]. Acta Hort, 1989, 255: 111- 115.
- [10] Nasr-Esfahani M, Ahmadi A R. Studies on the effect of soil solarization, manure and their integration on root-knot and total nematode populations in cucumber fields [J]. Applied Entomology and Phytopathology, 1997, 65 (1): 18- 20.
- [11] Stapleton J J, Charles M H. Management of phytoparasitic nematodes by soil solarization [A]. In Soil solarization [M]. (Katan J and DeVay, J E Eds). Boca Raton: CRC Press, Inc, 1991, 51- 59.
- [12] Davies J R, Sorensen L H. Influence of soil solarization at moderate temperatures on potato genotypes with differing resistance to *Verticillium dahliae* [J]. Phytopathology, 1986, 76: 1021- 1026.
- [13] Oveeman A J. Off season land management, soil solarization and fumigation for tomato [J]. Proc Soil Crop Sci Soc Fla, 1985, 44: 35- 39.
- [14] Abdel-Rahim M F, Satour M M, Mickail K Y, et al. Effectiveness of soil solarization in furrow-irrigated Egyptian soils [J]. Plant Disease, 1988, 72 (2): 143- 146.
- [15] Stapleton J J. Physical effects of soil solarization [A]. In: FAO Plant Production and Protection Paper 109 [M]. 1991, 37- 47.
- [16] 刘晓英, 杨修, 马春森, 等. 夏季透明塑料膜覆盖消毒对土壤温度的影响 [J]. 中国农业气象, 2003, 24(增刊): 109- 113.
- [17] 刘晓英, 刘培军, 马春森, 等. 利用黑塑料膜覆盖太阳能消毒对土壤温度的影响. 中国农业气象 (已接收, 待刊).
- [18] Tiwari R K S, Vinay S, Parihar S S. Soil solarization using different colour plastic mulches for the control of collar rot of tomato caused by *Sclerotium rolfsii* [J]. Vegetable Sci, 1997, 24(1): 49- 51.
- [19] 我国蔬菜农药残留问题不容乐观: 10 类蔬菜一半有污染, [http://www.agri.ac.cn/agri\\_net/02/2-09/bi75wr.htm](http://www.agri.ac.cn/agri_net/02/2-09/bi75wr.htm)

## Effect of controlling root knot nematode (*Meloidogyne incognita*) of cucumber by soil solarization under black plastic film mulching

Liu Xiaoying, Yang Xiu, Ma Chunsen

(Institute of Agricultural Environment and Sustainable development,  
Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract** Based on the population of root knot nematode in soil, degree of root knot and growth and yield of cucumber, this paper studied on control effect of soil solarization by black plastic film mulching on root knot nematode (*Meloidogyne incognita*) of cucumber. Results showed that the population of root knot nematode in solarized soil at 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, 30 cm decreased by 26.9%, 13.9%, 2.9%, 1.9% and 0.9% compared with the check, unsolarized and disinfested by chemical nematicides, even after a growing season. The controlling effect decreased with the soil depth. Also, the number of phytoparasitic nematodes decreased by 5%. The nematodes, declining in number with soil depth, mainly distributed in 0~30 cm and accounted for 97.7%~98.5% of the total. The damage to root growth of the solarized (the I degree) group was significantly lower than that of the check (the IV degree). The soil solarization increased not only the cucumber yield, but also quality. Meanwhile, the cost of the solarization with plastic film mulch was 57% less than that of the check, and it is environmentally friendly. Though the unsatisfactory effect revealed by the number of the nematodes, the controlling effect of solarization was better than that of the check in growth, yield and content of root knot nematode. This suggested that the control of root knot nematodes by solarization with black plastic film mulch was characterized by the decreased vigor, infectibility and the delayed infection. It is preliminarily concluded that soil solarization for 40 d under the wet weather can effectively control the incidence and damage of root knot nematode.

**Key words:** root knot nematode; black plastic mulching; soil solarization; cucumber