

太阳能消毒对温室土壤环境效应及 防治黄瓜根结线虫病效果

陈志杰¹, 张 锋¹, 张淑莲¹, 李英梅¹, 梁银丽², 杨兆森³

(1. 陕西省动物研究所, 西安 710032, 2. 中国科学院水土保持研究所, 杨凌 712100, 3. 渭南市植保植检站, 渭南市 714000)

摘要: 采用室内测定与大田试验相结合的方法, 研究了太阳能不同消毒方式对温室土壤环境的效应及对温室黄瓜根结线虫病的控制效果。结果表明, 垄沟式覆盖地膜处理对温室土壤温度、土壤酶的活性、微生物数量的影响最明显, 处理 16d, 棚室 10、20、30、40、50cm 深土壤的最高温度依次是 59.1、57.7、56.6、48.9、47.6℃, 平均每天超过 55、50、45℃ 持续时间分别为 7.5、8.5h 和 16h; 土壤温度的升高, 有利于提高对根结线虫的杀灭效果。0~20cm 土壤脲酶、蔗糖酶、碱性磷酸酶、过氧化氢酶分别降低 43.3%、18.7%、20.1% 和 13.1%; 土壤真菌、细菌、放线菌数量分别降低 96.0%、84.8%、53.9%。垄沟式未覆膜处理对土壤环境的影响次之, 平面式未覆膜的影响最小, 酶活性降低及土壤微生物数量下降对土壤的活性有一定的负效应。垄沟式覆膜太阳能消毒对温室黄瓜根结线虫控制效果最显著, 持效期最长, 能有效杀灭温室 0~50cm 土壤内根结线虫; 处理后第 1 年和第 2 年对温室黄瓜根结线虫控制效果均达到 100%, 第 3 年防效 96.7%, 第 5 年仍达 72.8%。垄沟式未覆膜控制效果次之; 平面式未覆膜控制效果最差, 持效期最短。

关键词: 太阳能消毒; 日光温室; 土壤温度; 土壤微生物; 土壤酶活性; 黄瓜根结线虫

文章编号: 1000-0933(2009)12-6664-08 中图分类号: Q143 文献标识码: A

Effects of solarization on the cucumber root knot nematodes and soil environment under solar greenhouse

CHEN Zhi-Jie¹, ZHANG Feng¹, ZHANG Shu-Lian¹, LI Ying-Mei¹, LIANG Yin-Li², YANG Zhao-Sen³

1 Shaanxi Institute of Zoology, Xi'an, Shaanxi, 710032, China

2 Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Yangling 712100 China

3 Weinan Plant Protection and Quarantine Station, Weinan 714000, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(12): 6664 ~ 6671.

Abstract: Effects of the different methods of Solarization on greenhouse soil temperature, enzyme activity and microbial population, and cucumber root knot nematodes were studied in both laboratory and field experiments. The results showed that Solarization of soil in ridge and furrow with plastic film mulching was the most effective method to affect greenhouse soil temperature, enzyme activity and microbial population. After 16 days of treatment, the highest soil temperature in the depth of 10, 20, 30, 40 and 50 cm was 59.1, 57.7, 56.6, 48.9 and 47.6 °C, respectively. In addition, the daily time period of the soil temperature over 55, 50 and 45°C was 7.5, 8.5 and 16 h, respectively. With the increasing of soil temperature, the killing effects were improved. The activities of urease, invertase, alkaline phosphatase, and catalase in 0—20 cm deep soil were reduced by 43.3%, 18.7%, 20.1% and 13.1%, respectively. The populations of soil fungi, bacteria and actinomycete were reduced by 96.0%, 84.8% and 53.9%, respectively. However, the reduction of soil enzyme activity and microbial populations had some negative effects on soil environment. The above method had the most significant effect on soil as compared to the other 2 methods we also evaluated. Solarization of soil in ridge and furrow without plastic film

基金项目: 中国科学院知识创新资助项目(KZCX2-XB2-05-01); 国家科技支撑资助项目(2006BAD09B07)

收稿日期: 2008-04-16; **修订日期:** 2009-09-18

致谢: 美国 North Dakota State University 薛青武博士对本文写作给予帮助, 特此致谢。

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhijiechen68@sina.com

mulching was less effective and that in flat soil without plastic film mulching was the least effective. The ridge and furrow Solarization with plastic film mulching can effectively control the cucumber root knot nematodes in the soil depth of 10 — 50cm. The control was 100% after one and two years, 96.7% after three years, and 72.8% after five years of solarization, respectively. The effect of ridge and furrow with plastic film mulching on the cucumber root knot nematodes was the best and its effective duration was the longest. In contrast, the ridge and furrow Solarization without plastic film mulching was less effective and the flat Solarization without plastic film mulching was the least effective for cucumber root knot nematode control.

Key Words: solarization; greenhouse; soil temperature; soil enzyme activity; Soil microbial population; cucumber root knot nematode

据 FAO 保守估计,全世界每年由于线虫危害对农产品损失超过 1000 亿美元。在中国,线虫对各种蔬菜的危害损失每年达 30 亿美元以上^[1]。在陕西省 2000 年首次发现根结线虫危害设施蔬菜^[2],以温室黄瓜根结线虫病发生面积最大,占温室黄瓜总面积的 31.2%^[3]。菜农大多使用高毒、残留期长的农药进行防治,有的甚至使用克百威、甲拌磷、涕灭威等剧毒农药,造成生态环境及蔬菜产品的严重污染^[4]。寻求环境友好的防治方法成为许多国家的研究目标之一。

近年来太阳能消毒作为一种环境友好的根结线虫病防治技术在国内外引起广泛重视,国外已有很多研究资料报道^[5~9]。国内李宝聚、李林等研究了氰氨化钙-太阳能联合消毒^[10,11],侯茂林、刘晓英等研究了太阳能消毒时添加石灰氮和有机物加地膜覆盖^[12~14]对根结线虫的控制效果,较少关注太阳能消毒对土壤酶活性及土壤微生物数量等的影响,尤其是垄沟式太阳能消毒对土壤的环境影响以及对根结线虫的控制效果方面尚未见资料报道,因此,本文重点比较了垄沟式与常规的太阳能消毒对温室土壤的环境效应以及控制黄瓜根结线虫病的效果,旨在为大面积推广垄沟式太阳能消毒技术提供理论依据。现将研究结果报道如下:

1 研究方法

1.1 试验地概况

试验设在陕西省科学院渭南科技示范基地(34°39'42"N,109°5'15.2"E,海拔 567m)根结线虫发生较为严重的日光温室。土壤是典型垆土,容重 1.31g/cm³,饱和含水量 32g/kg。前茬种植黄瓜,太阳能消毒处理时间为 2002 年 7 月 25 日~8 月 10 日。下茬黄瓜种植品种为津春 3 号,10 月 6 日育苗,11 月 8 日起垄(垄高 15~18cm)覆膜定植。按照常规方法定植黄瓜和田间管理。实验地总面积 750m²。

1.2 试验方法

(1)试验设计 A,垄沟式覆膜(波浪式垄沟,垄呈梯形,上底宽 25cm,下底宽 35cm,高 60cm,沟呈倒梯形,上底宽 35cm,下底宽 25cm);B,垄沟式未覆膜;C,平面式覆膜;D,平面式未覆膜太阳能消毒;CK,空白对照,共 5 个处理,每个处理小区面积 35m²,重复 4 次。

(2)埋虫 在不同处理区分 5 点将带有根结线虫(2000±200)头的黄瓜根系埋入 10、20、30、40、50cm 不同深度土壤。

(3)处理方法 盖上棚膜并封闭棚室的通风口升温 8d,然后将波浪式垄沟小区垄变沟,沟变垄,平面消毒处理小区及对照深翻 30cm,再封闭棚室的通风口升温 8d,每天每隔 2h 用多点地温记录仪 TRM-WD1 分别测定各处理 10、20、30、40、50cm 深处土壤温度以及棚室内气温。

(4)调查记载 处理结束后,将带有根结线虫的黄瓜根系带回室内,随机挑取成虫、二龄幼虫各 100 头,以虫体干瘪为死亡标准,观察记载成活数和死亡数,计算成活率。用水培法观察卵孵化率^[15]。黄瓜定植缓苗后间隔 15d,采用切根百分数分级法^[16],记载每一株黄瓜根结线虫病发病程度,每处理小区调查 5 株,并在处理后第 2、3、4、5 年根结线虫病发生高峰期,每处理小区随机 4 点取样,每样点 10 株,调查不同处理根结线虫病的发病株率及发病程度。

1.3 土壤微生物数量、酶活性测定

消毒前及消毒后每小区 5 点取样法,分别取 0~20cm、20~40cm 不同深度的混合土样带回室内,供试测定。土壤微生物测定:细菌数量采用 PDA 培养基,平板稀释法;真菌采用马丁氏培养基,平板稀释法;放线菌数量采用高氏 1 号培养基,平板稀释法^[17]。土壤酶活性测定:土壤过氧化氢酶采用 KMnO_4 滴定法;土壤蔗糖酶采用还原糖滴定法,土壤脲酶采用靛酚比色法,土壤碱性磷酸酶采用磷酸二钠比色法^[18]。

2 结果与分析

2.1 太阳能消毒方式对温室土壤环境的效应

2.1.1 太阳能消毒方式对提高土壤温度的效应

太阳能消毒不同处理对温室土壤温度的影响显著不同(图 1~图 5)。从图 1~图 5 看出,垄沟式覆膜处理升温效果最为明显,垄沟式未覆膜次之,平面式未覆膜效果最差。垄沟式覆膜处理 10、20、30、40、50cm 深土壤的最高温度依次是 59.1、57.7、56.6、48.9、47.6℃,较垄沟式未覆膜分别提高 4.3、6.2、6.8、2.8℃和 2.4℃;较平面式覆膜处理分别提高 6.8、9.9、10.6、4.3℃和 5.0℃;较平面式不覆膜处理分别高 9.4、13.1、12.1、7.4℃和 7.8℃;较空白对照依次提高 15.0、14.6、15.9、12.2℃和 13.5℃。垄沟式覆膜处理土壤 10cm 深地温超过 55、50、45℃平均持续时间分别为 5.5、13h 和 17h。垄沟式不覆膜土温未达到 55℃,超过 50、45℃平均持续时间分别为 8.5、16h。平面式覆膜处理最高温度也未达到 55℃,超过 50、45℃平均持续时间分别为 2.5、10.5h。平面式未覆膜最高温度未超过 50℃,超过 45℃平均持续时间为 8.5h。空白对照最高温度未超过 45℃。随着土壤深度的加深,不同处理温度效应依次降低,但垄沟式覆膜处理 50cm 深土温超过 45℃时间仍达 12.5h,其他处理温度均未超过 45℃。说明垄沟式覆膜太阳能消毒处理温度高、高温持续时间最长。温度

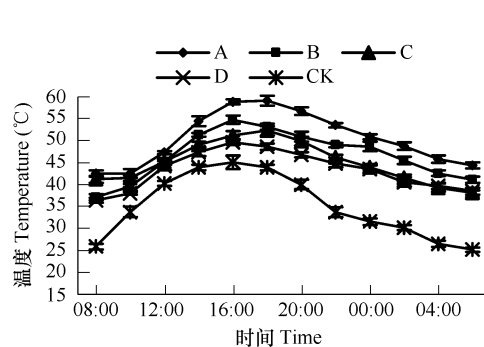


图 1 太阳能消毒对 10cm 土壤温度效应
Fig.1 Effects of Solarization on the soil temperature deep in 10 cm under greenhouse

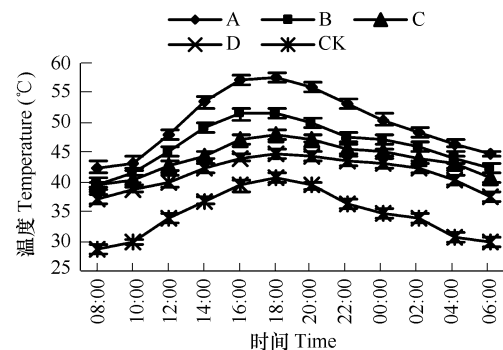


图 2 太阳能消毒对温室 20cm 土壤温度效应
Fig.2 Effects of Solarization on the soil temperature deep in 20 cm under greenhouse

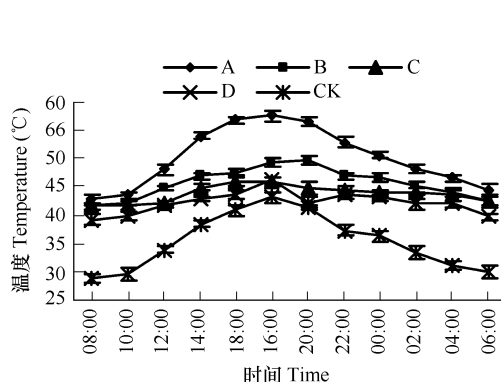


图 3 太阳能消毒对 30cm 土壤温度效应
Fig.3 Effects of Solarization on the soil temperature deep in 30 cm under greenhouse

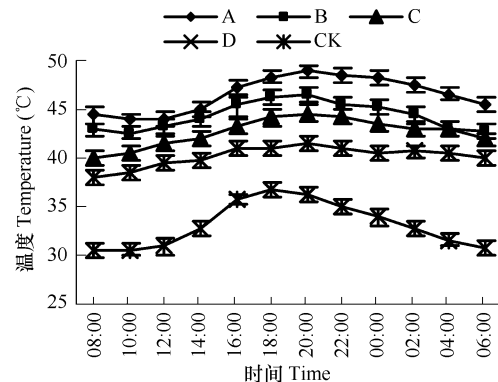


图 4 太阳能消毒对 40cm 土壤温度效应
Fig.4 Effects of Solarization on the soil temperature deep in 40 cm under greenhouse

的升高及高温持续时间的延长可显著提高对根结线虫的杀灭效果。

2.1.2 太阳能消毒方式对土壤酶活性的影响

研究结果表明,太阳能不同消毒处理对土壤酶的活性影响不同,以垄沟式覆膜太阳能消毒影响最大,垄沟式未覆膜次之,平面式未覆膜影响最小(表1)。由表1看出,垄沟式覆膜、垄沟式未覆膜、平面式覆膜、平面式未覆膜太阳能消毒处理后0~20cm 土壤脲酶活性分别降低43.3%、36.4%、28.2%、17.4%,空白对照仅降低4.0%。对蔗糖酶、碱性磷酸酶、土壤过氧化氢酶活性的效应表现类似的规律性。此外,太阳能消毒对温室不同深度土壤酶活性的影响不同,不论哪种处理对0~20cm 土壤酶活性的影响均显著大于($P<0.01$)对20~40cm 土壤酶活性的影响。说明温度越高,酶活性下降幅度越大。酶的种类不同对温度变化的敏感程度也不同,以土壤脲酶敏感程度最大,蔗糖酶和碱性磷酸酶敏感程度次之,土壤过氧化氢酶敏感程度最小。关于脲酶的热稳定性韦革宏等研究发现土壤脲酶在60℃温度条件下活性最高^[19],且脲酶热稳定性最好,与本试验结果不尽一致,其原因可能与高温持续时间较长有关。

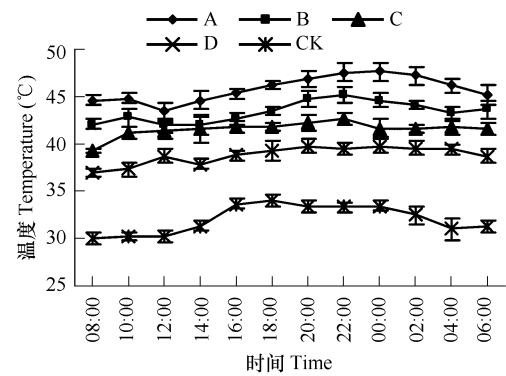


图5 太阳能消毒对50cm 土壤温度效应
Fig.5 Effects of Solarization on the soil temperature deep in 50 cm under greenhouse

表1 太阳能消毒方式对4种土壤酶活性的影响

Table 1 Effects of the different methods of Solarization on four kinds of enzymes in greenhouse soil							
酶种类 Kinds of enzyme	土壤深度 (cm) Soil deep	酶活性 Enzyme activity					
		项目 Items	A	B	C	D	CK
土壤脲酶 Urease (NH ₃ -N mg/100g)	0~20	处理前 Treatment before	6.954 ± 0.235	6.723 ± 0.316	6.726 ± 0.219	6.821 ± 0.298	6.457 ± 0.361
		处理后 Treatment after	3.945 ± 0.089	4.278 ± 0.121	4.828 ± 0.129	5.635 ± 0.132	6.196 ± 0.136
		后者较前者 ± % Growth rate	-43.3	-36.4	-28.2	-17.4	-4.0
	20~40	处理前 Treatment before	5.397 ± 0.187	5.635 ± 0.148	5.105 ± 0.201	5.529 ± 0.153	5.338 ± 0.212
		处理后 Treatment after	3.994 ± 0.101	4.669 ± 0.099	4.395 ± 0.138	4.998 ± 0.113	5.225 ± 0.128
		后者较前者 ± % Growth rate	-26.0	-17.1	-13.9	-9.6	-2.1
土壤蔗糖酶 Invertase (mg/g)	0~20	处理前 Treatment before	8.865 ± 0.289	8.315 ± 0.278	8.461 ± 0.281	8.622 ± 0.282	8.725 ± 0.311
		处理后 Treatment after	7.205 ± 0.253	7.350 ± 0.231	7.532 ± 0.253	7.932 ± 0.231	9.560 ± 0.310
		后者较前者 ± % Growth rate	18.7 -	-11.6	-11.0	-8.0	-2.0
	20~40	处理前 Treatment before	5.94 ± 0.213	5.595 ± 0.129	6.021 ± 0.204	5.776 ± 0.130	6.145 ± 0.210
		处理后 Treatment after	5.450 ± 0.157	5.155 ± 0.118	5.683 ± 0.157	5.596 ± 0.118	6.080 ± 0.188
		后者较前者 ± % Growth rate	-8.2	-7.9	-5.6	-3.1	-1.1
土壤碱性 磷酸酶 Alkaline phosphatase	0~20	处理前 Treatment befor	57.99 ± 2.87	58.05 ± 2.21	60.31 ± 2.73	57.30 ± 2.33	56.47 ± 2.77
		处理后 Treatment after	46.34 ± 1.96	48.80 ± 1.68	52.24 ± 1.87	52.82 ± 1.68	53.83 ± 2.23

续表

酶种类 Kinds of enzyme	土壤深度 (cm) Soil deep	酶活性 Enzyme activity					
		项目 Items	A	B	C	D	CK
土壤过氧化氢酶 Catalas (0.1mol/L)	20 ~ 40	后者较前者 ± % Growth rate	-20.1	-15.9	-13.4	-7.8	-4.6
		处理前 Treatment befor	68.37 ± 2.99	69.200 ± 3.15	65.82 ± 2.86	67.90 ± 3.36	66.17 ± 3.12
		处理后 Treatment after	55.54 ± 2.12	57.62 ± 2.67	59.11 ± 2.12	63.36 ± 2.67	64.71 ± 2.88
	0 ~ 20	后者较前者 ± % Growth rate	-18.8	-16.7	-10.2	-6.7	-2.2
		处理前 Treatment befor	0.817 ± 0.035	0.797 ± 0.039	0.792 ± 0.032	0.802 ± 0.037	0.797 ± 0.037
		处理后 Treatment after	0.710 ± 0.033	0.737 ± 0.034	0.712 ± 0.033	0.748 ± 0.034	0.791 ± 0.035
	20 ~ 40	后者较前者 ± % Growth rate	-13.1	-7.5	-10.1	-6.7	-0.8
		处理前 Treatment befor	0.740 ± 0.041	0.752 ± 0.032	0.729 ± 0.038	0.772 ± 0.029	0.800 ± 0.039
		处理后 Treatment after	0.713 ± 0.026	0.723 ± 0.029	0.705 ± 0.026	0.741 ± 0.029	0.790 ± 0.037
		后者较前者 ± % Growth rate	-3.6	-3.9	-3.3	4.0	-1.3

2.1.3 太阳能消毒方式对土壤微生物数量的影响

研究结果表明,太阳能消毒不同处理方式对温室土壤微生物数量影响不同(表2),其影响大小依次为垄沟式覆膜>垄沟式未覆膜>平面式覆膜>平面式未覆膜。不论是垄沟式覆膜处理、垄沟式未覆膜处理还是平面式覆膜处理、平面式未覆膜处理均对真菌影响程度最大,细菌其次,对放线菌数量影响程度最小。对不同深度温室土壤微生物影响也不同,不同处理均对0~20cm土壤微生物数量影响显著($P<0.01$)大于对20~40cm的影响。

表2 太阳能消毒方式对土壤微生物数量的影响

Table 2 Microbe quantity in different methods of solarization in greenhouse soil

土壤深度 (cm) Soil deep	处理 Treatment	处理前 Treatment before			处理后 Treatment after			后者较前者 ± % Decrease rate		
		细菌 ($\times 10^9$) Germ	真菌 ($\times 10^3$) Fungus	放线菌 ($\times 10^6$) Actinomyces	细菌 ($\times 10^8$) Germ	真菌 ($\times 10^2$) Fungus	放线菌 ($\times 10^5$) Actinomyces	细菌 Germ	真菌 Fungus	放线菌 Actinomyces
0 ~ 20	A	5.2a	8.5a	1.9a	7.9a	3.4 a	6.8a	84.8a	96.0a	64.2a
	B	4.9a	8.2a	2.1a	11.2b	9.9b	10.5b	77.1b	87.9b	50.0b
	C	5.4a	7.9a	1.9a	18.2c	15.7c	14.2c	66.3c	80.1c	25.3c
	D	5.1a	8.5a	2.0a	22.5d	27.1d	17.5d	55.9d	68.1d	12.5d
	CK	5.5a	7.8a	2.1a	52.3e	73.5e	20.7e	4.9e	5.8e	1.4e
20 ~ 40	A	3.0	4.5a	1.3a	9.5a	8.7a	6.3a	68.3a	80.7a	51.5a
	B	2.9a	5.1a	1.3a	11.6b	16.4a	8.1b	60.0b	67.8b	37.7b
	C	3.2a	4.6a	1.4a	24.5c	29.5b	11.1c	23.4c	35.9c	20.7c
	D	2.9a	4.9a	1.6a	23.9d	35.6bc	14.2d	17.6d	27.3d	11.3d
	CK	3.1a	4.6a	1.5a	29.2e	43.2c	14.5e	5.8e	6.1e	3.3e

表中列相同字母者为5%水平上无显著差异;下同 a、b、c show rise to 5% notable level of variance; the same below

2.2 太阳能消毒方式对温室黄瓜根结线虫病的影响

试验结果表明,太阳能消毒不同处理方式对温室黄瓜根结线虫卵、幼虫、成虫均有杀伤力,其中以垄沟式太阳能消毒处理对温室黄瓜根结线虫卵、幼虫、成虫杀伤力最大(表3)。随着土壤深度加深,其杀伤力依次减

弱。垄沟式覆膜太阳能消毒能有效杀灭温室 0 ~ 50cm 土壤内根结线虫;垄沟式未覆膜处理可杀灭 0 ~ 30cm 土壤内根结线虫;平面式覆膜和未覆膜太阳能消毒能有效杀灭温室 0 ~ 10cm 土壤内根结线虫。

表 3 太阳能不同消毒方式对温室不同深度根结线虫的影响

处理 Treatment		土壤深度 Soil deep(cm)				
		10	20	30	40	50
A	卵 egg	0	0	0	0	0
	较 CK 降低 Decrease rate of comparing CK(%)	100	100	100	100	100
	幼虫 larva	0	0	0	0	0
	较 CK 降低 Decrease rate of comparing CK(%)	100	100	100	100	100
	成虫 imago	0	0	0	0	0
B	较 CK 降低 Decrease rate of comparing CK(%)	100	100	100	100	100
	卵 egg	0	0	0	3.8 ± 0.1	9.2 ± 0.3
	较 CK 降低 Decrease rate of comparing CK(%)	100	100	100	95.5	89.3
	幼虫 larva	0	0	0	2.6 ± 0.1	8.7 ± 0.3
	较 CK 降低 Decrease rate of comparing CK(%)	100	100	100	97.4	91.3
C	成虫 imago	0	0	0	3.6 ± 0.3	10.7 ± 0.4
	较 CK 降低 Decrease rate of comparing CK(%)	100	100	100	96.3	89.1
	卵 egg	0	9.8 ± 0.4	49.2 ± 2.2	68.3 ± 3.1	81.8 ± 3.8
	较 CK 降低 Decrease rate of comparing CK(%)	100	88.3	41.5	19.6	5.0
	幼虫 larva	0	11.6 ± 0.3	64.8 ± 3.5	85.1 ± 4.2	92.8 ± 4.6
D	较 CK 降低 Decrease rate of comparing CK(%)	100	88.1	33.5	13.6	5.9
	成虫 imago	0	12.3 ± 0.3	69.7 ± 3.3	88.7 ± 4.1	93.1 ± 4.6
	较 CK 降低 Decrease rate of comparing CK(%)	100	87.3	28.5	10.2	5.1
	卵 egg	0	47.1 ± 1.6	75.9 ± 2.6	82.5 ± 3.2	84.9 ± 3.1
	较 CK 降低 Decrease rate of comparing CK(%)	100	43.9	17.1	2.8	1.4
	幼虫 larva	0	51.5 ± 1.8	86.2 ± 4.0	93.1 ± 4.2	96.8 ± 4.3
	较 CK 降低 Decrease rate of comparing CK(%)	100	47.3	22.2	5.5	1.8
	成虫 imago	0	58.1 ± 1.9	85.3 ± 3.4	93.6 ± 3.9	95.2 ± 4.0
	较 CK 降低 Decrease rate of comparing CK(%)	100	40.2	12.5	5.3	3.0

表中卵系指孵化率(%),幼虫和成虫系指存活率(%) Egg means egg hatch rates, larva and imago means survival rate

从对温室黄瓜根结线虫控制的持效性看,以垄沟式覆膜太阳能消毒处理持效性最长,处理后第 3 年田间发病株率及病情指数较对照分别降低 90.9%、96.7%;第 5 年发病株率及病情指数仍分别较对照降低 60.6%、72.8%,垄沟式未覆膜处理持效性次之,平面未覆膜处理持效期最短,处理后第 3 年田间发病株率及病情指数分别较对照仅降低 22.4%、33.4%。第 5 年发病株率及病情指数和对照无显著差异。可见,垄沟式太阳能消毒对根结线虫的杀伤效果显著优于平面式太阳能消毒,覆膜处理效果优于未覆膜处理(表 4)。

表 4 太阳能消毒对控制根线虫危害的持效性

Table 4 Effective duration of Solarization for the cucumber root knot nematodes								
处理 Treatment	病株数 Susceptible plant				较对照降低 Decrease rate of comparing CK(%)			
	2a	3a	4a	5a	2a	3a	4a	5a
A	0	10	34	63	100a	90.8a	78.8a	60.6a
B	7	23	58	99	92.8a	78.5b	63.8b	38.1b
C	31	37	88	147	68.4b	65.4c	45.0c	8.1c
D	55	83	142	160	47.9c	22.4d	11.3d	0d
处理 Treatment	病指数 Disease index				较对照减轻 Decrease rate of comparing CK(%)			
	2a	3a	4a	5a	2a	3a	4a	5a
A	0	2.3	11.2	24.8	100a	96.7a	87.6a	72.8a
B	0.1	9.5	40.1	47.6	99.7a	86.3b	55.6b	47.8b
C	8.3	19.5	59.8	79.2	79.1b	72.0c	33.8c	13.2c
D	17.5	46.4	82.4	90.9	55.9c	33.4d	8.8d	3.2d

每处理调查株数均为 160 株 160 plants were investigated in very treatment

3 小结与讨论

太阳能消毒是近年来国际上迅速发展的一种作物土传病害防治技术^[18]。其理论基础就是依据土传病原菌对高温的忍耐限度,因此,如何提高棚室内土壤温度和延长高温持续的时间,使其达到或超过根结线虫的致死温度和所需的时间,是决定这一技术防治效果高低的关键。本研究结果表明,首次提出的垄沟式覆膜太阳能消毒技术,在中国北方地区不使用任何药剂和其他措施对根结线虫当年和第2年防治效果达到100%,第3年控制效果仍高达96.7%。该技术措施具有环保、安全、成本低、可操作性强、控制效果显著、持效期长等特点,既能有效的控制黄瓜根结线虫病的发生及危害,又避免了化学农药对生态环境和黄瓜产品的污染,协调了根结线虫病的防治与绿色食品黄瓜生产的矛盾。该技术主要在温室黄瓜拔蔓后6~7月份进行,此时,正值北方干旱少雨季节,天气多以晴朗为主,具备大面积推广应用的环境条件,具有广阔的推广应用前景。

垄沟式太阳能消毒处理防治效果比较高、防效持续时间比较长的主要原因是采用垄沟式太阳能消毒较平面太阳能消毒扩大了采光面,不仅能提高土壤表层的温度,也能显著提高土壤深层的温度。垄沟式覆膜处理土壤10、20、30、40、50cm深的最高温度依次是59.1、57.7、56.6、48.9、47.6℃,土壤10cm深地温超过55、50、45℃持续时间分别为7.5、8.5h和16h。其温度显著高于常规平面式太阳能消毒,高温持续时间也显著长于平面式太阳能消毒,前者不仅能使土壤表层温度达到根结线虫的致死温度,而且土壤深层(40~50cm)也能达到根结线虫的致死温度。

土壤酶活性是衡量土壤活性的重要指标之一。土壤碱性磷酸酶能水解催化有机磷化合物为无机磷,为植物提供可靠的磷素营养。脲酶是一种金属酶,含有微量顺磁性的镍等过渡金属原(离)子,它们在酶中起着辅基、辅酶或活性中心等作用,水解土壤中的尿素;过氧化氢酶主要推动胺类的氧化,在土壤中含量水平比较稳定,在一定程度上反映了土壤中腐殖质的再合成强度^[21]。土壤蔗糖酶能水解蔗糖生成葡萄糖和果糖,直接参与土壤C素循环,反映了土壤有机质分解代谢的强弱。垄沟式太阳能消毒处理对土壤脲酶、蔗糖酶、碱性磷酸酶和过氧化氢酶的活性有显著的影响,对土壤浅层(0~20cm)的酶活性影响大于对深层(20~40cm)的影响。其原因有:一方面高温直接影响土壤酶的活性,温度越高对土壤几种酶的活性影响越大。另一方面,高温引起土壤微生物数量降低,从而间接影响了土壤酶的活性。第三方面土壤扰动的结果,因土壤生化过程对生态环境因子的变化和人为扰动的反应很敏感^[21]。有作者研究认为菜园土壤的磷酸酶、过氧化氢酶和脲酶活性与黄瓜产量呈显著或极显著正相关^[22]。太阳能消毒处理对下茬作物产量及对土壤功能的潜在影响有待进一步研究。

土壤微生物分为有益微生物和有害微生物,前者是维持土壤质量和土壤生态系统中最活跃的组成部分,其数量的分布不仅敏感的反映土壤环境质量的变化,而且是土壤中生物活性的具体体现,是衡量土壤活性的指标之一,担负土壤生态平衡的“稳定器”、物质循环的“调节器”和植物养分的“转换器”^[23]。垄沟式太阳能消毒对土壤微生物的种群数量影响较大,但对不同类群微生物影响不同,对真菌数量影响最大,其数量降低96.0%,细菌次之,对放线菌数量影响最小,其数量降低53.9%。放线菌大多为有益菌,真菌和细菌中的致病微生物多为寄生菌,有益菌多为腐生菌,而腐生菌对高温的抗逆性比较强。多数植物病菌和有害生物是中温的,在温度高于31℃时不能生长,可被太阳能加热时所达到的高温直接或间接杀死,而耐高温和有益微生物通常能存活下来^[24]。本研究发现垄沟式太阳能消毒处理后对温室黄瓜根腐病、猝倒病、疫病均有显著的兼治作用,其病株率均降低95%以上。虽然太阳能消毒后土壤微生物数量明显减少,但土壤具有自然修复作用,可通过增施腐熟有机肥、隔沟交替灌水等科学管理措施加快微生物种群数量的恢复。

References:

- [1] Duan Y X, Wu G. Plant Nematode Disease Control. Beijing: Chinese Agriculture Scientific Press, 2002. 1—2
- [2] Chen Z J, Zhang F, Liang Y L. Epidemic factors and control countermeasures of rooted nemas in install vegetables of Shaanxi, Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2005, 14(3): 32—37.
- [3] Chen Z J, Zhang SH L, Li Z K. Occurrence and integrated control on tomato nod nematode of Shaanxi Green House. Shaanxi Journal of Agricultural

- Sciences, 2008(5):49—51.
- [4] Chen Z J, Luo G Q, Zhang S L. Occurrence on nod nematode and integrated control in green house. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2006(6):89—91.
- [5] Stapleton J J, Charles M H. Management of soil phytoparasitic nematodes by soil solarization. In: Katan J and Devay, J E eds. Soil Solarization. Boca Raton: CRC Press, Inc., 1991. 51—59.
- [6] McGovern R J, McSorley R, Bell M L. Reduction of landscape pathogens in Florida by soil solarization. Plant Disease, 2002, 86(12):1388.
- [7] Nico A I, Jimenez-Diaz R M, Castillo P. Solarization of soil in piles for the control of *Meloidogyne incognita* in olive nurseries in southern Spain. Plant Pathol.
- [8] Nico A I, Jimenez-Diaz 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.
- [9] 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.
- [10] Li B J, Duan Y X, Cui G Q. Occurrence Vegetable Root Knot Nematode and Soil Solarization Technology, Chinese Vegetable, 2006(5):49—50.
- [11] Li L, Qi J S, Li C S. Studies on soil treated by CaCN₂ and solarization to control *Meloidogyne* spp. infecting vegetable crops. Journal of Laiyang Agricultural College, 2004, 21(20):122—124.
- [12] Hou M L, Liu X Y. Studies on soil treated by CaCN₂ and solarization to control *Meloidogyne* spp. infecting vegetable crops. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2007, 15(5):46—50.
- [13] Liu X Y, Yang X, Ma C S. Effect of controlling root knot nematode (*Meloidogyne incognita*) of cucumber by soilsolarization under black plastic film mulching. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2004, 20(4):234—237.
- [14] Liu X Y, Liu P J, Yang X. Effect of solarization with black plastic mulching on soil temperature. Chinese Journal of Agrometeorology, 2004, 25(3):21—25.
- [15] Wang R X, Wang G. Propagation of hydroponics of root knot nematode. Plant Protection Technology and Extension, 1999, 19(5):8—9.
- [16] Xiao Y N, Wang M Z, Fu Y P. Comparison of different methods to estimate root-knot nematode disease grade. Journal of Huazhong Agricultural University, 2000, 19(4):336—338.
- [17] Xu G H, Zheng H Y. Soil Bacteria Analysis Book. Beijing, Agricultural Press, 1996. 47—65.
- [18] Zhou L K. Soil Enzymes. Beijing, Science Press, 1987. 27—31.
- [19] Wei G H, Sun B H, He W X. The Effect of Temperature and Magnetic Field on Urease Activity. Acta Universitatis Agriculturae Boreali-Occidentalis, 1999, 27(1):10—13.
- [20] DeVay J E. Historical review and principles of soil solarization. FAO Plant Production and Protection Paper, 1991, 109:1—15.
- [21] Johansson J F, Paul L R, Finlay R D. Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture FEMS. Microbiology Ecology, 2004, 48:1—13.
- [22] Yang L J, Xu H, Qiu Z X. Relationship between activities of enzyme and cucumber yield in vegetable soil. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2000, 6(1):113—116.
- [23] Chen H K, Li P X, Chen W X. Soil Microbiol. Shanghai: Shanghai Scientific Press, 1979, 19—25.
- [24] Katan J. Physical and cultural methods for the management of soil-borne pathogens. Crop Protection, 2000, 19(8):725—731.

参考文献:

- [1] 段玉玺, 吴刚. 植物线虫病防治. 北京: 中国农业科技出版社, 2002. 1—2.
- [2] 陈志杰, 张锋, 梁银丽, 等. 陕西设施蔬菜根结线虫病流行因素与控制对策. 西北农业学报, 2005, 14(3):32—37.
- [3] 陈志杰, 张淑莲, 李泽宽, 等. 陕西温室番茄根结线虫病发生规律与绿色防治技术. 陕西农业科学, 2008(5):49—51.
- [4] 陈志杰, 罗广琪, 张淑莲, 等. 陕西设施蔬菜根结线虫病发生现状及环境友好性防治技术研究. 陕西农业科学, 2006(6):89—91.
- [10] 李宝聚, 段玉玺, 崔国庆. 蔬菜根结线虫的发生与日光土壤消毒技术. 中国蔬菜, 2006(5):49—50.
- [11] 李林, 齐军山, 李长松, 氰氨化钙-太阳能消毒土壤防治蔬菜根结线虫病研究. 莱阳农学院学报, 2004, 21(20):122—124.
- [12] 侯茂林, 刘晓英. 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. 中国生态农业学报, 2007, 15(5):46—50.
- [13] 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.
- [14] 刘晓英, 刘培军, 杨修, 等. 利用黑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.
- [15] 王汝贤, 王刚. 根结线虫的一种水培繁殖方法. 植保技术与推广, 1999, 19(5):8—9.
- [16] 肖炎农, 王明祖, 付艳平等. 蔬菜根结线虫病病情分级方法比较. 华中农业大学学报, 2000, 19(4):336—338.
- [17] 许光辉, 郑洪元. 土壤微生物分析方法手册. 北京: 农业出版社, 1996. 47—65.
- [18] 周礼恺. 土壤酶学. 北京: 科学出版社, 1987. 27—31.
- [19] 韦革宏, 孙本华, 和文祥, 朱铭莪. 温度场和磁场对土壤脲酶活性的影响. 西北农业大学学报, 1999, 27(1):10—13.
- [22] 杨丽娟, 陈晖, 丘忠祥, 等. 菜田土壤酶活性与黄瓜产量之间的关系. 植物营养与肥料学报, 2000, 6(1):113—111.
- [23] 陈华癸, 李阜新, 陈文新编著. 土壤微生物学. 上海: 上海科技出版社, 1979. 19—25.