

高温热水处理防治温室番茄土壤根结线虫的研究

贺超兴, 张志斌, 王怀松

(中国农业科学院 蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

摘要: 试验研究了高温热水灌注处理对土壤根结线虫的防治效果。结果表明: 发病严重的温室土壤经热水处理后其根结线虫的数量被有效控制在 5 条/100g 土以下, 而对照未处理土壤中线虫的数量为 100 条/100 g 土以上, 可见高温热水对线虫有显著的灭杀效果。与对照相比, 处理后在番茄的各生育期对根结线虫病的防效均达 60% 以上, 产量增加 71.6%。该研究结果表明热水消毒土壤可有效用于蔬菜根结线虫病的治理。

关键词: 高温热水灌注法; 消毒; 土壤根结线虫; 番茄

中图分类号: S 472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2009)05-0140-03

近年随着设施蔬菜种植面积的不断扩大和单位面积上蔬菜种植茬口的增加, 土壤根结线虫病(*Meloidogyne incognita*)为害日趋严重, 尤其在多年重茬种植果菜的温室大棚中土壤根结线虫病已成为一种毁灭性的病害, 严重制约了保护地蔬菜的生产^[1]。通常采用轮作法和施用化学农药法防治根结线虫, 亦有用蒸汽消毒法对无土栽培基质消毒的, 但由于常用化学杀线剂如溴甲烷、克线磷、棉隆、呋喃丹、氰化钙等药品毒性高, 对环境污染严重且不安全在蔬菜根结线虫防治中受到了很大限制。因此, 寻找安全、低毒、高效的环保型防治措施已成为国际社会的研究热点。

目前, 国外已有专用于基质消毒的可移动式全自动热水锅炉消毒设备, 该方法的优点是通过高温热水杀死土壤中的有害生物^[2]。该试验借助从韩国引进的高温热水锅炉和相关技术^[3], 通过燃烧柴油和废弃旧机油产生的 80~90℃ 高温热水灌溉处理根结线虫发病严重的蔬菜温室大棚土壤, 具有无污染, 无残留, 处理期短等特点。该试验研究了这种土壤消毒方法对线虫的防治效果以及土壤微生物的影响, 以期为今后在保护地生产中推广应用该技术提供理论依据和应用方法。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

试验 2005 年 12 月至 2006 年 5 月在中国农业科学院蔬菜花卉所试验农场多年连作番茄的日光温室进行, 试验地面积 120 m², 试验地块根结线虫发病严重, 上茬

番茄根结线虫发病率为 100%, 病株均在 4 级。供试番茄为中杂 9 号, 番茄栽培定植前对土壤应用热水进行处理, 处理设备包括燃油锅炉、热水分配器、高温热水滴管(R=30 mm)、耐高温塑料布、地温计和土样采集器, 均由北京特玛特机械设备有限公司提供。

1.2 热水处理方法

土壤热水消毒在 12 月 28 日进行, 深翻平整土壤后, 未处理的田块作为空白对照。与热水处理的土壤之间用深埋 50 cm 的塑料布隔离; 在处理土壤表面铺设高温热水滴管, 加盖保温塑料布, 用锅炉将水加热到 95℃ 左右后, 持续将热水从锅炉沿管带注入热水分配器, 调节流量后经高温热水滴管灌入土壤, 大约 1 h, 30 cm 深的土层温度升高到 50~60℃, 土壤湿度接近饱和, 停止供水, 土壤温度可持续 3~5 h。2~3 d 后揭开土壤表面的塑料布, 表面风干 1 周后, 整地做畦, 每畦 3 m² (6 m×0.5 m), 空白对照设 4 个小区, 热水消毒处理划分 10 个小区, 以相邻对照小区的 4 个做为处理小区。番茄 11 月 12 日种子催芽, 11 月 14 日播于营养钵中, 1 月 6 日定植。番茄留 4 穗果 3 月 20 日始收 5 月 9 日拉秧结束。

移栽番茄前和栽种番茄生长的开花期、盛果期和拔株期采用 5 点取样法分别采取 0~15 cm 和 15~30 cm 深度的土样, 测定土样中根结线虫的条数, 及细菌、真菌和放线菌的数量; 并在番茄开花期、盛果期和拔株期调查植株的高度和根结数, 测定热水消毒处理对根结线虫的防治效果; 并统计产量。

1.3 土壤中根结线虫数量的测定

称量 200 g 剔除砂砾和粘粒的土样放入 1 000 mL 烧杯中, 加水浸泡 30 min, 用玻璃棒搅拌使土样呈小颗粒悬浮液, 强水流冲洗土样混浊液后, 静置 30 s 后过 20 目筛, 收集筛下物, 弃去筛上物; 重复上述操作, 依次过 100 和 200 目筛, 收集筛下物; 然后过 500 目筛, 将筛上

第一作者简介: 贺超兴(1965-), 男, 博士, 研究员, 现从事设施有机蔬菜栽培技术研究。E-mail: hechaoxing@126.com。

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2006BAD11A10); 农业行业科技研究专项资助项目(nyhyzx07-007)。

收稿日期: 2008-12-20

物收集于 50 mL 离心管中; 3 700 转离心 5 min(也可静置 12 h)后弃去上清液, 加入 50% 的蔗糖溶液, 振荡混匀, 2 500 转离心 3 min, 将上清液过 500 目筛, 收集筛上物于 50 mL 离心管中得根结线虫悬浮液, 加入线虫计数皿中计数。

1.4 土壤中微生物数量(CFU 值)的测定

土壤中的真菌、细菌和放线菌的 CFU 值(colony forming units, 可形成菌落单元)采用蛋白胨葡萄糖孟加拉红、肉汁冻和高氏酵母浸膏 3 种选择性培养基通过土壤涂平板菌落计数法测定^[4]。将土样剔除砂砾和粘粒后风干, 研磨后过 60 目钢筛, 取 200 mg 加在 20 mL 无菌水中, 用振荡器摇荡 20 s, 再稀释 2 个梯度; 取 20 uL 的土壤悬浮液分别涂布在上述 3 种选择性培养基平板上, 每梯度 3 个重复, 真菌和放线菌的平板置 25℃ 的培养箱, 测细菌的平板放入 28℃ 培养箱, 3 d 后, 统计菌落数。CFU 值=平板上菌落数(个)× 稀释倍数/土壤克数(g)。

1.5 番茄根结线虫的分级标准

根结线虫分级标准选用切根百分数法^[5]分为 5 级: 0 级: 无可见根瘤或卵块; I 级: 根瘤总长度占总根长度的 1% ~ 24%; II 级: 根瘤总长度占总根长度的 25% ~ 49%; III 级: 根瘤总长度占总根长度的 50% ~ 75%; IV 级: 根瘤总长度占总根长度的 75% ~ 100%。根结指数 = $(\sum [(各级植株数 \times 级值)] / 调查总株数 \times 4) \times 100$ 。相对防效(%) = $[(对照根结指数 - 防治区根结指数) / 对照根结指数] \times 100\%$ 。

2 结果与分析

2.1 热水消毒处理前后土壤中根结线虫的数量变化

热水处理试验结果(图 1)表明, 经过热水消毒处理后土壤中线虫的数量明显下降, 栽种番茄后, 在其不同的生长期土壤线虫繁殖数量也显著减少。

热水消毒处理后 100 g、0 ~ 15 cm 土层的线虫仅为 99 条, 15 ~ 30 cm 线虫条数为 43, 而空白对照在 0 ~ 15 cm 和 15 ~ 30 cm 厚的土层中线虫条数为 538 和 213; 在番茄整个生长期热水消毒处理的土壤线虫条数被镇压在 45 以下, 有效的杀灭和控制了线虫的数量。

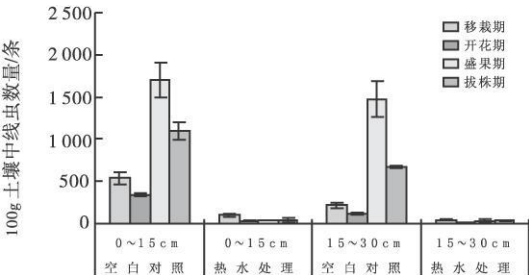


图 1 热水消毒处理后土壤中根结线虫的数量变化

2.2 热水消毒处理对番茄根结线虫的防治效果

试验结果(表 1)表明, 经热水消毒处理后栽种番茄的根结指数明显降低, 与空白对照存在显著差异。在番茄的开花期、盛果期和拉秧期的相对防效分别达到 71.1%、62.85% 和 61.7%, 表现出良好的防治效果。

表 1 热水消毒处理后在番茄根结线虫的防治效果

	移栽期		开花期		盛果期		拉秧期	
	CK	处理	CK	处理	CK	处理	CK	处理
株高/cm	25.2	25.2	98.5	119.5	143.6	175	144.3	176.9
根结指数	0	0	47.5b	13.8a	77.5b	28.8a	91.3b	35.0a
相对防效/%	—	0	—	71.1	—	62.8	—	61.7

注: 处理平均值后的不同字母符号表示 0.01 水平差异显著。

2.3 热水消毒处理后土壤中微生物的数量变化

通过热水消毒处理后土壤中微生物菌落总数和群体种类分布在土壤处理前后及栽种番茄的不同生长期中发生明显的变化, 土壤微生物总量呈马鞍式增长, 从番茄移栽期到番茄拉秧期土壤中真菌、细菌和放线菌的数量的比值对照明显增高(见表 2)。

热水消毒处理后番茄移栽前, 土壤中真菌、细菌和放线菌的数量和对照相比分别减少了 30.6.5 和 2 倍以上, 微生物的总数降低到了 6 倍左右; B/F 值(细菌/真菌)和 A/F 值(放线菌/真菌)与对照相比分别提高了 5 和 15 倍。

当番茄定植以后, 土壤中的微生物开始大量繁殖。经热水消毒处理后土壤中真菌的数量同细菌和放线菌相比增长缓慢, 与对照相比真菌的数量降低了 13 倍之多; 番茄生长期细菌和放线菌数量明显增长, 到拉秧期几乎接近对照土壤中的数量; 处理后土壤微生物数总量最终和对照相差不多, 土壤中真菌减少的数量被细菌和放线菌所填补; 经过蒸汽消毒处理后土壤微生物的 B/F 值和 A/F 值在番茄生长各个时期均比对照高, 在番茄开花期 B/F 值和 A/F 值比对照分别高出 10 和 20 倍; 到拉秧期 B/F 值和 A/F 值分别为 1.88×10^4 和 1.72×10^2 。

表 2 热水消毒处理后在番茄不同生长期土壤中微生物的数量变化

		真菌(F)	细菌(B)	放线菌(A)	微生物总数	B/F 值	A/F 值
		/ 10 ⁵ ° g ⁻¹	/ 10 ⁸ ° g ⁻¹	/ 10 ⁶ ° g ⁻¹	/ 10 ⁸ ° g ⁻¹	/ 10 ³	/ 10
移栽期	CK	2.48	4.25	4.42	4.29	1.71	1.78
	处理	0.075	0.65	2.11	0.67	8.67	28.13
开花期	CK	3.16	12.06	7.19	12.13	3.82	2.28
	处理	0.126	5.20	6.03	5.26	41.27	47.86
盛果期	CK	5.26	8.06	15.04	8.21	1.53	2.86
	处理	0.347	5.76	5.77	5.82	16.59	16.63
拉秧期	CK	3.42	5.89	6.70	5.96	1.72	1.96
	处理	0.263	4.93	4.53	4.98	18.75	17.22

2.4 热水处理土壤对番茄产量的影响

从表 3 中可以看出, 土壤线虫对番茄产量具有很大影响, 由于线虫的寄生作用大大加剧了植株营养的消耗, 对照含线虫土壤的番茄产量极显著低于热水处理, 可见热

水处理对于土壤地力恢复具有极其明显的作用效果。

表 3 热水消毒处理对番茄产量的影响

品种	单株产量	1 m ²	667m ² 产量	单株果数	单果重	产量增减
代号	/kg	产量/kg	/kg·m ⁻²	/个	/g	/%
热水处理	1.39	5.94	3 962.0 **	9.3	149	71.6
CK	0.81	3.47	2 314.5	7.2	112	—

2.5 热水消毒处理土壤对番茄果实营养品质的影响

对成熟后番茄果实的营养品质分析结果可见(表4):土壤经处理后与未处理相比,番茄的可溶性固形物含量相差不大,但未处理含线虫土壤的番茄红素、还原糖和 Vc 含量略高于经热水消毒处理的番茄,这可能是由其产量较低果数较少所致。

表 4 供试番茄品种果实营养品质分析

处理代号	番茄红素	可溶性固形物/%	还原糖/%	Vc
	/mg·kg ⁻¹			/mg·kg ⁻¹
热水处理	111	4.6	1.97	14.4
CK	136	4.6	2.36	16.4

3 讨论

国际上报道的蔬菜根结线虫有 80 多种,但为害我国设施蔬菜的以南方根结线虫为主(*Meloidogyne incognita*),生产上对根结线虫的防治主要采取化学药剂防治、轮作防治、嫁接防治和抗病品种防治等方法。使用化学防治法会产生环境污染,并对蔬菜安全和人体健康构成危害;在生产上采用轮作防治有时会影响生产效益,抗线虫病品种尚不多见,而嫁接防治砧木品种不易得到且费工不彻底,因此应用热水消毒法这种物理措施对于根结线虫十分严重的土壤不失为一种有效且无污染的处理方法。

在设施栽培条件中,土传病害、根结线虫、土壤盐渍化与连作障碍是影响设施蔬菜可持续生产的最重要因素,严重时将致使地力丧失或产量锐减,应用药剂防治成本较高、毒性较大且效果不彻底,因此对于病虫害严重的温室,采用热水消毒新技术是改善土壤结构,实现菜田土壤地力恢复和土地可持续利用的有效措施。采用热水消毒法除了对土壤中的线虫有很强的灭杀性,同时还可加速土壤中的有机物分解,并释放出氨气、二氧化碳和有机产物^[9],无机物也会发生分解或改变,硝酸

盐和亚硝酸盐被还原成氨,营养物的溶解性或有效利用率发生改变^[7],从而改变了土壤的微生物群落,提高了土壤中微生物的 B/F 值和 A/F 值,使土壤类型由真菌型向细菌型转化,保持了高水平的放线菌数量,占领了生存位点,可以有效抑制病原真菌的繁殖,利于植物根系的生长,从而增强植株的抗逆性。

该试验是在冬季温室进行的,地温较低而处理效果未达最佳,致使处理区仍有一定密度的线虫,这与土壤高温持续时间过短或保温性不佳有关,若应用此技术在盛夏结合高温闷棚进行土壤消毒,则消毒效果会更好。在防治根结线虫的时机上,应选择在作物收获后立即进行,此时根结线虫大多处于表土层,消毒效果会更理想。在春茬结束后的夏季,线虫和土壤有害微生物处于越夏期,此时应用高温热水灌注法进行土壤消毒,结合高温闷棚可使气温、水温 and 土壤温度均较高,消毒后结合高温闷棚处理再进一步对温室消毒效果更好,且应用成本最低。该试验中冬季亦有较好的消毒效果,如在夏季消毒其持效性更强,应用效果会更好。

高温热水对于使用珍珠岩、蛭石等无土栽培基质的消毒就显得更为经济,因为只需对少量有限的基质消毒,不必对过道和太深的地下消毒加热,所以省水省油成本低,而且基质透水性好,温度持续时间长,杀灭效果更佳,同时采用此技术不但可消除病害和基质盐渍化而且能够防止基质的废弃,提高再利用率而降低生产成本。

参考文献

[1] 顾兴芳,方秀娟,张天明.黄爪根结线虫病的研究概况[J].中国蔬菜 2000(6):48-51.
[2] 曹均程,郭美霞.土壤根结线虫防治技术[J].中国蔬菜,2002(6):60-61.
[3] 蒋淑芝,张志斌,张真和.灌注热水消毒法防治设施蔬菜土传病虫害技术考察[J].中国蔬菜 2005(9):41.
[4] 方中达.植病研究方法[M].北京:农业出版社 1998.
[5] 肖炎农,王明祖,付艳平,等.蔬菜根结线虫病情分级方法比较[J].华中农业大学学报 2000 19(4):336-338.
[6] Miller M. The Technical and Economic Feasibility of Replacing Methyl Bromide in Developing Countries[M]. Washington: Friends of the Earth 1996:173.

Study on Effects of Hot Water Injection Treatment to Soil in Preventing Tomato Root-knot Nematodes

HE Chao-xing, ZHANG Zhi-bin, WANG Hua-song

(Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: The hot water injection methods were used for root-knot Nematodes soil sterilization in solar greenhouse in winter, the results showed that the number of Nematodes(*Meloidogyne incognita*) in treatment soil declined to be 95% than that in untreated control, which means the hot water treatment has significant sterilization effect to Nematodes. Comparing to CK, the prevention effects in different development stage in treatments was 60% higher than CK, and the yield increased 71.6%, so we suggested that the hot water sterilization method was an effective method to sterilization Nematodes soil in protected horticulture.

Key words: Hot water injection method; Sterilization; Soil nematodes; Tomato