

五种甲基溴土壤消毒替代技术比较研究

曹志平, 陈国康, 郑长英, 陈云峰, 杨 杭

(中国农业大学资源与环境学院, 北京 100094)

摘 要: 实验在山东省青州市示范点种植番茄的 4 个温室中进行, 以筛选出符合中国生产条件的, 在经济和社会方面可行的甲基溴土壤消毒替代技术。实验选择了 5 种不同的甲基溴替代技术: 甲基溴+ 不透气膜(MB+ V IF); 威百亩(MS); 威百亩+ 不透气膜(MS+ V IF); 太阳能+ 生防制剂(SS+ BCA); 番茄抗性砧木(SIS-1, *Lycopersicon lycopersicum* × *L. hirsutum*)。通过追踪测定土壤消毒效果、移栽后的幼苗死亡率、番茄生长状况、产量和品质以及田间根结线虫病害发生, 对上述 5 种替代技术进行综合评价。2002~ 2003 年的田间实验结果表明: 从意大利引进的番茄抗性砧木(SIS-1)与本地品种嫁接是一种成功的甲基溴替代技术; 威百亩作为一种甲基溴的替代技术是成功的; 不透气膜(V IF)作为一种减少甲基溴施用量的过度性替代技术也是可行的; 太阳能消毒加生防制剂不能成为一种可行的甲基溴替代技术。

关键词: 甲基溴; 土壤消毒; 替代技术; 番茄

中图分类号: S154.38+6; S763.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)05-0250-04

0 引言

番茄是中国保护地栽培的主要蔬菜种类之一。由于多年的连作, 导致枯萎病、根结线虫病等土传病害越来越严重, 严重制约了保护地蔬菜生产的发展。一般减产 20%~40%, 严重时减产达 60% 以上甚至绝收^[1]。利用甲基溴土壤熏蒸消毒技术可有效防止根结线虫等土传病害的发生与危害。但是, 甲基溴作为一种臭氧层消耗物质(ODS)^[2,3], 根据《蒙特利尔议定书哥本哈根修正案》, 在发展中国家将于 2015 年停止使用^[4]。为了使中国在削减和全面淘汰甲基溴之前, 在技术上作好充分的准备, 中国国家环境保护总局与意大利环境部于 2001~2003 年开展了“甲基溴替代技术筛选及能力建设”的科技合作。合作的目标旨在筛选出符合中国生产条件的、在经济和社会方面可行的甲基溴土壤消毒替代技术。合作项目选择河北满城和山东青州作为试验基地。本研究报告就青州试点 2002~2003 年的实验结果加以总结和分析。

1 材料和方法

根据地理环境、气候条件、耕作制度以及试验开展所需设施和便于示范等因素, 将实验点设在山东省青州市王母宫镇, 选择根结线虫发生较为严重的 4 个温室作为试验场地。实验温室土壤质地属于壤土, 基本理化性质为: 有机质含量为 1.80%, 有效磷 128.21 mg/kg, 有效钾 645.03 mg/kg, 碱解氮 122.57 mg/kg, 阳离子交换量为 9.39 cmol/kg, pH 值 6.15。

本实验选择了 5 种甲基溴土壤熏蒸消毒防病替代技术, 包括 3 个化学处理: 甲基溴+ 不透气膜(methyl bromide under virtually impemeable films, MB+ V IF), 威百亩(metham sodium 与传统普通 PE 膜, MS), 威百亩+ 不透气膜(MS+ V IF); 1 个物理消毒+

生防菌剂处理: 太阳能+ 生防制剂(soil solarization combined with biological control agents, SS+ BCA)。另 1 个为生物处理: 抗性砧木嫁接技术, 用以防治根结线虫。以及空白对照(CK)。每个处理设 4 个重复(为 4 个相邻排列的温室), 各处理在不同的温室内随机排列。每个小区约 50~88 m² 不等。普通膜(PE)由中国宝塑塑料膜股份有限公司生产; V IF 膜由意大利 IPM 公司提供。甲基溴由中国连云港死海溴化学股份有限公司提供; 威百亩(有效成分含量 37%)由沈阳农药厂生产; 生防制剂, 又称特力克, 由山东民丰农药厂生产, 80 g 袋装, 每克含木霉菌孢子 2×10⁸ 个。

甲基溴采用热蒸汽法排放, 进行土壤熏蒸消毒, 施用剂量 50 g/m², 7 d 后揭膜、排气。威百亩采用滴灌系统随水流进行土壤消毒, 施用剂量 100 g/m², 35 d 后揭膜、排气。太阳能消毒: 小区覆盖无色塑料薄膜, 也采用滴灌系统浇水, 42 d 后揭膜; 移栽前特力克按 10 g/m² 用量施入土中, 再耙平土壤。

为测定土壤消毒处理的效果, 在实验室对 4 种土壤真菌和线虫的数量进行了检测。真菌的测定采用平板培养计数法: 镰刀菌、木霉菌、疫(腐)霉菌分别采用 Ko-mada^[5]、Elad^[6]和 Masago^[7] 选择性培养基分离培养测定。同时, 采用淘洗-过筛-重糖离心法^[8] 分离测定土壤中的线虫密度。

选择番茄作为实验作物, 两个番茄品种于 2002 年 9 月移栽入温室。实验处理每个小区又分两亚区, 栽种本地品种毛粉 802(西安蔬菜所培育品种)和嫁接毛粉 802。嫁接毛粉的番茄抗性砧木(SIS-1, *Lycopersicon lycopersicum* × *L. hirsutum*) 引自意大利, 接穗为毛粉 802。根据番茄的开花情况及生长状况, 记录测量番茄第一、三穗花开放时的株高、直径、开花率, 以分析处理间及两品种间的差异。产量调查, 时间为整个收获期(2003 年 1~6 月)。考虑到嫁接对果实品质可能构成的影响, 于果实采摘时用折光仪测定其可溶性固形物含量。

每处理品种各取 15 株样本, 采用 Taylor^[9] 根结线虫病害分级法, 将田间调查植株感染根结线虫的情况分

收稿日期: 2003-12-12 修订日期: 2004-03-01

基金项目: 中国和意大利甲基溴替代技术合作项目

作者简介: 曹志平(1962-), 女, 湖南湘乡人, 博士, 教授, 主要从事土壤生态学研究。北京 中国农业大学资源与环境学院, 100094

为 6 级。计算病情指数公式如下:

病情指数(DI)= (各级植株数 × 级值) / 调查总株数 × 5 × 100

2 实验结果

2.1 土壤消毒

甲基溴采用热蒸汽法排放, 威百亩通过文丘仪随滴灌系统施入土壤。用 Fum iscope 仪对 PE 膜和 V IF 膜覆盖下的甲基溴浓度变化进行测定, 在 V IF 膜下的甲基溴浓度高于 PE 膜下的甲基溴浓度, 说明前者的密封性能优于后者, 可作为一种减少甲基溴和威百亩用量的过渡性替代技术(图 1)。试验结果表明, 土壤消毒后镰刀菌、木霉菌、疫霉菌、腐霉菌和线虫的密度都有极显著下

降, 可见, 土壤消毒措施是十分有效的(表 1)。

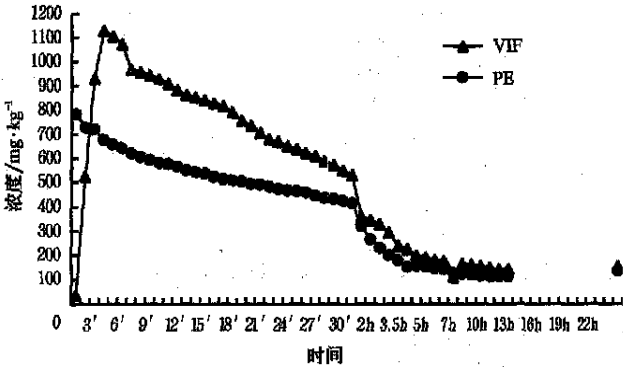


图 1 甲基溴在 V IF 膜和 PE 膜下的浓度变化
Fig 1 Comparison of MB concentration under V IF and PE film

表 1 土壤消毒处理前后生物特征

Table 1 Comparison of soil biological characteristics by soil fumigation

生物类群	处理前	对照	太阳能消毒***	甲基溴	甲基溴+ V IF	威百亩	威百亩+ V IF
镰刀菌 <i>Fusarium</i> spp.	4356a**	1106b	138c	0c	25c	100c	63c
木霉菌 <i>Trichoderma</i> spp.	106a	31b	0c	0c	0c	0c	0c
疫/腐霉菌 <i>Phytophthora</i> spp. and <i>Pythium</i> spp.	1819a	1435b	486c	67d	8d	188d	175d
线虫 <i>Nematode</i>	281a	203b	71d	105c	116c	68d	34d

注: ** Duncan's 多重比较(P< 0.05); *** 此时生防菌剂尚未进入土壤。

2.2 嫁接和幼苗死亡率

毛粉品种与抗性砧木的嫁接很成功, 嫁接苗成活率达到 87.0%。番茄移栽入温室后, 由于农民自育的毛粉病害较重, 出现较大面积的死苗。在不同温室和不同处理之间, 毛粉死苗率为 24.4%~31.3%, 而嫁接毛粉的死苗率为 10.4%~17.8%, 明显低于毛粉死苗率(图 2, 用 * 表示)。这表明嫁接毛粉抵御病虫害的能力显著强于毛粉。但每一品种六个处理间的死苗率无显著性差异。

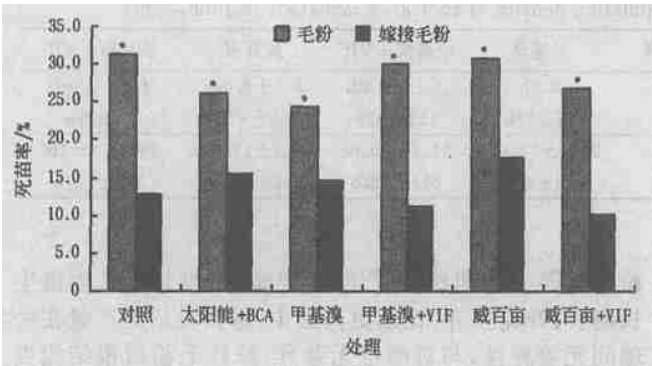


图 2 毛粉和嫁接毛粉的死苗率比较
(* 均值 T 检验, 显著性水平为 0.05)

Fig 2 Comparison of the dead rate of young plants between M. aofen and grafted M. aofen

2.3 生长状况

分别取 2002 年 10 月 1 日(这时多数植株的第一穗花开放)、10 月 25 日(这时多数植株的第三穗花开放)计算植株株高、直径、开花间隔和开花率。结果显示, 第

一、三穗花开放时的植株直径、开花率在品种间均无显著性差异(P> 0.05)。但株高在嫁接的和未嫁接的之间的差异均显著(均值 T 检验, a= 0.05, 表 2 中用 * 表示), 表现为嫁接毛粉株高显著低于毛粉。总的来说, 嫁接毛粉相对于毛粉表现为植株矮、径粗、开花率高(表 2)。这些指标差异表明嫁接毛粉的营养生长期相对较长, 长势整齐, 当其进入生殖生长期后, 开花整齐、花期更为集中。

表 2 品种间的生长指标(各处理均值)比较

Table 2 Comparison of the growth indicators (the means) between two cultivars

时间	指标	毛粉	嫁接毛粉
第一穗花	株高/cm	61.90*	53.44
	直径/cm	1.09	1.21
	开花率/%	70.63	75.65
第三穗花	株高/cm	82.71*	72.59
	直径/cm	1.13	1.27
	开花率/%	85.23	89.18

2.4 产量

嫁接毛粉的产量在处理与对照间无显著差异, 表明嫁接毛粉对根结线虫和其他土传病害具有强抗性。因此, 使用嫁接抗性品种可作为一项重要的甲基溴替代技术。毛粉的产量在处理间有明显差异, 表现为 4 个化学处理的产量高, 太阳能处理产量低, 对照小区产量最低(表 3)。在对照小区, 嫁接毛粉产量达 100 514 kg/hm², 高出毛粉产量(49 758 kg/hm²)一倍。比较品种间的总产量(均值 T 检验), 结果显示嫁接毛粉各处理的总产量均极显著高于毛粉(P< 0.01)。

表 3 2003 年 1~ 6 月番茄的产量

Table 3 Yield of tomato from January to June, 2003							kg
品种	植株数	对照	太阳能+ 生防制剂	甲基溴	甲基溴+ V IF	威百亩	威百亩+ V IF
嫁接毛粉	15 株(样本)	44 48a *	44 41a	47 96a	47 25a	45 45a	44 93a
	单株	2 965	2 961	3 198	3 150	3 030	2 995
	3 39 万株/hm ²	100514	100372	108395	106785	102717	101531
毛 粉	15 株(样本)	22 02b	22 05b	39 30a	37 82a	36 35a	36 78a
	单株* *	1 468	1 470	2 620	2 521	2 423	2 452
	3 39 万株/hm ²	49758	49833	88818	85466	82151	83130

注: * 多重比较(p< 0 05); * * 毛粉各处理的平均单株重= (1、2、4 号温室 15 株的总重量)/(3×15)。

2 5 可溶性固形物

在 2003 年 1 月和 5 月各进行了两次番茄果实可溶性固形物含量测定。结果(见表 4)表明,每一品种处理间的番茄可溶性固形物含量均无显著性差异;而且两品

种间的差异也不显著(方差分析,P> 0 05)。只是在收获初期的 1 月份番茄开始成熟,此时果实的可溶性固形物含量很低,低于 5 月份时的值,这与番茄的收获果实成熟进度有关。

表 4 果实的可溶性固形物含量比较(2003 年)

Table 4 Comparison of the soluble substance content in fruits (2003)							%
时间	品 种	对照	太阳能+ 生防制剂	甲基溴	甲基溴+ V IF	威百亩	威百亩+ V IF
1 月	嫁接毛粉	3 10	3 10	2 79	2 97	2 98	2 92
	毛 粉	3 38	2 98	2 89	3 01	2 93	3 01
5 月	嫁接毛粉	4 98	4 73	4 80	4 68	4 89	4 75
	毛 粉	4 91	5 86	5 01	4 86	4 82	4 93

2 6 根结线虫病情指数

4 个化学处理的病情指数明显低于太阳能+ 生防制剂处理和对照。尽管如此,威百亩和威百亩+ V IF 处理对根结线虫病的控制效果仍低于甲基溴、甲基溴+ V IF 处理。从这一点说,威百亩的控病效果不如甲基溴,只能部分替代甲基溴。而太阳能+ 生防制剂处理对根结线虫病害的抑制很有限。对表 5 中嫁接和未嫁接番茄间的两组病情指数作相关分析,得 R 值为 0 96 (P< 0 05),表明两品种各处理对根结线虫病害的控制

作用顺序是一致的。嫁接毛粉在各处理小区均显示了极强的抗根结线虫能力。尽管其病情指数仍表现为太阳能+ 生防制剂和对照小区的病情指数显著高于化学处理,但在太阳能+ 生防制剂小区内,嫁接毛粉的病情指数仅为毛粉病情指数的 13 3%,在对照小区内嫁接毛粉的病情指数仅为毛粉病情指数的 22 6%。采用均值 T 检验(显著性水平 0 05)比较品种间的根结线虫病情指数,结果显示嫁接毛粉各处理的病情指数均显著低于毛粉。

表 5 根结线虫病情指数(分 5 级)及种群数量比较(2003 年 6 月)

Table 5 Comparison of disease index (five levels) and population density of root-knot nematode in June, 2003							
品 种	指 标	对照	太阳能+ 生防制剂	甲基溴	甲基溴+ V IF	威百亩	威百亩+ V IF
嫁接毛粉	病情指数	15.1±14.1a*	7.1±6.3ab	0.0b	0.4±0.3ab	3.1±3.0ab	1.3±1.0ab
	根结 2 龄幼虫	620±33a	385±186ab	33±23b	153±97b	69±37b	52±29b
毛 粉	病情指数	80.0±24.1a	65.8±32.2ab	23.1±12.6cd	33.8±10.0c	42.5±13.0bc	34.2±25.4bc
	根结 2 龄幼虫	854±146a	595±49ab	448±47ab	443±72ab	572±234ab	378±127b

注: * 多重比较(P< 0 05)。

通过测定根际土壤中的根结 2 龄幼虫数量状况,也证实了上述结果。即根结 2 龄幼虫数量在处理间的差异性与相应的病情指数差异性是一致的,两者的 R 值分别为 0 90(毛粉)、0 96(嫁接毛粉),其相关性达到显著水平(P< 0 05)。

3 结 论

1) 从意大利引进的番茄抗性砧木(SIS-1, *Lycopersicon lycopersicum* × *L. hirsutum*)与本地品种嫁接是一种成功的甲基溴替代技术。嫁接毛粉相对于毛粉表现为植株矮、径粗、开花率高;与毛粉相比,嫁接毛粉的营养生长期相对较长,长势整齐,当其进入生殖生

长期后,开花整齐、花期更为集中。嫁接毛粉的产量在处理间无差异性,与对照也无差异,嫁接毛粉对根结线虫具有强的抗性。在对照小区,嫁接毛粉产量达 100 514 kg/hm²,高出毛粉产量(49 758 kg/hm²)的 1 倍。嫁接毛粉果实的可溶性固形物含量与毛粉无差异。因此,采用番茄抗性砧木嫁接技术,不仅明显抑制了根结线虫病害,显著提高产量,而且达到了高产优质的双重标准。

2) 威百亩作为一种甲基溴的替代技术也是成功的。通过对土壤生物特征、产量、作物生长参数和病害指数进行分析,威百亩处理与甲基溴处理之间没有显著性差异。

3) 不透气膜(V IF)作为一种减少甲基溴施用量的过度性替代技术也是可行的。减量的甲基溴加不透气膜和甲基溴处理之间没有明显差异, 减量的威百亩加不透气膜与威百亩处理之间也没有明显差异。

4) 太阳能消毒加生防制剂在本实验中不能成为一种可行的甲基溴替代技术。与甲基溴处理, 以及与其他替代技术相比, 太阳能消毒处理的产量低, 对病害的控制效果差, 与对照处于同一水平。

[参 考 文 献]

- [1] 曹坳程, 朱留财, 郭美霞, 等. 应用不渗漏膜减少溴甲烷的渗漏[J]. 植物保护, 2003, 29(3): 52- 55
- [2] United Nations Environment Programme (UNEP). Report of the methyl bromide technical options committee [R]. 1988, 310
- [3] Albritton D L, Watson R T. Methyl bromide and the ozone layer: a summary of current understanding[A]. In: Methyl bromide: its atmosphere science, technology and economics (Watson R T, Albritton D L, Anderson S O and Lee-Bapty S eds) [R]. United Nations Environment Programme, 1992, 3- 18
- [4] United Nations Industrial Development Organization, Department of Research, Education and Rural Environment, Ministry of Agriculture, People's Republic of China. 2000. Alternatives to the use of methyl bromide in soil fumigation in China (in Chinese) [M]. China Agricultural University Press, Beijing. 8
- [5] Komada H. Development of selective medium for quantitative isolation of *Fusarium Oxysporum* from natural soil [J]. Review of Plant Protection Research, 1975, 8, 114-125
- [6] Elad A. A selective medium for improving quantitative isolation of *Trichoderma* spp. from soil [J]. Phytoparasitica, 1978, 9: 59- 67.
- [7] Masago H, Yoshikawa H M, Fuhada M, et al. Selective inhibition of *Pythium* spp. on a medium for direct isolation of *Phytophthora* spp. from soil and plants [J]. Phytophthology, 1977, 67, 425- 428
- [8] 尹文英. 中国土壤动物检索图鉴[M]. 北京: 科学出版社, 1998
- [9] Taylor A L, Sasser J N. Biology, identification and control of root-knot nematodes (Meloidogyne species) [M]. A Cooperation Publication of the Department of Plant Pathology, North Carolina State University and the United States Agency for International Development. 1978

Comparative study on five alternative technologies of using methyl bromide in soil fumigation

Cao Zhiping, Chen Guokang, Zheng Changying, Chen Yunfeng, Yang Hang

(Department of Ecology and Ecological Engineering, College of Resources and Environmental Science, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: The demonstration experiment was conducted in four greenhouses with tomato crop in Qingzhou of Shandong Province for the aim to identify some technologies which were feasible under the current conditions in agricultural production, economical and social sector of China. Five alternative technologies were chosen in the experiment. They were MB (methyl bromide) + V IF (virtually impemeable film), MS (metham sodium), MS + V IF, SS (soil solarization) + BCAs (biological control agents), and resistant rootstock (SIS-1, *Lycopersicon lycopersicum* × *L. hirsutum*). Integrated evaluation of the above five alternatives was realized by investigation of the effectiveness in soil fumigation, the dead rate of young plants after transplantation, growth conditions of tomato, the yield and fruit quality and the incidence of root-knot nematode. The experimental results in 2002~2003 indicated: (1) The resistant rootstock (SIS-1) introduced from Italy was a successful alternative technology to use methyl bromide while it was grafted with the local cultivar Maofen; (2) The metham sodium was also an effective alternative technology; (3) The V IF was feasible as a transitional technology to reduce the applied dosage of methyl bromide; (4) The SS + BCA could not be taken as an effective alternative technology to use methyl bromide in soil fumigation.

Key words: methyl bromide; soil fumigation; alternative technologies; tomato