

采用微波替代甲基溴消毒棚室土壤技术综述^{*}

盖志武^{1,2}, 魏 丹^{2,3}, 汪春蕾¹, 潘俊波⁴

(1 东北林业大学, 哈尔滨 150040; 2 哈尔滨工业大学, 哈尔滨 150000; 3 黑龙江省农科院, 哈尔滨 150086; 4 东北农业大学, 哈尔滨 150030)

摘要: 采用化学农药防治农作物病虫害会对人类健康和自然环境造成深远持久的危害。在设施农业日益发展的今天, 这个问题显得更加突出。采用微波进行土壤消毒处理, 可以杀灭其中的病原菌、有害微生物和草子, 避免土传病害、控制杂草滋生, 无任何残留, 不会产生抗药性, 对绿色农业的发展具有重要意义。回顾了采用微波进行大棚、温室土壤消毒技术的发展过程, 介绍了微波消毒土壤的机理、该技术的发展趋势、特点及其在绿色农业中的广阔应用前景。

关键词: 微波; 土壤; 消毒

中图分类号: S 472 文献标识码: A 文章编号: 1002 - 2767(2006)06 - 0073 - 04

Summarization of Sterilizing Greenhouse Soil by Microwave Instead of Methyl Bromide

GAI Zhi wu^{1,2}, WEI Dan^{2,3}, WANG Chun lei¹, PAN Jun bo⁴

(1 Northeast Forestry University, Harbin 150040; 2 Harbin Institute of Technology, Harbin 150000; 3 Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086; 4 Northeast Agricultural University, Harbin 150030)

Abstract: Using chemical pesticide to prevent crop disease, insect and weeds can do great harm to human health and environment in a long time, it's becoming more graveness today when greenhouse developing increasingly. Using microwave to sterilize soil can kill pathogeny bacteria, microbe and weed seeds, avoid disease and weed spreading by soil, and haven't any drug-fast effect or remnant. These have much meaning to the development of green agriculture. This paper gave a review of sterilizing soil by microwave, its mechanism, development trend, characteristic and application foreground.

Key words: microwave; soil; sterilize

0 序言

农作物病虫害灾害是人类面临的主要自然灾害之一, 它具有种类多、影响大、并时常暴发成灾的特点。世界上每年因病虫害危害造成果树、蔬菜的损失约为 15%~20%。我国自 20 世纪 50 年代以来, 农作物主要病虫害的发生面积率不断上升, 成为我国

发展高产、优质、高效农业的主要制约因素。杂草的危害也十分严重, 而且, 由于农药的刺激, 其抗药性与生命力越来越强, 发展迅速^{1~3}。以色列的植物学家指出, 有些杂草可能使某些世界最贫穷地区的小麦收成减少 50%, 杂草构成的威胁比艾滋病还大^{4~5}。

^{*} 收稿日期: 2006 - 06 - 09

基金项目: 中国博士后基金项目(2005038204); 黑龙江省博士后基金项目(LBH - Z05095); 东北林业大学创新项目(东林人字 2005 - 17)

第一作者简介: 盖志武(1964 -), 男, 黑龙江省讷河市人, 副教授, 博士后, 从事农业电气自动化、微波技术应用的研究。Tel: 0451 - 82107861; E-mail: ford33@163.com。

目前对病虫草灾害的控制主要采用化学农药。由于长期大量使用农药,空气、水源、土壤和食物受到污染,毒物累积在牲畜和人体内引起中毒,造成农药公害问题。据有关调查资料表明:城市人中有10%的人肝功能不好,与吃带有残留农药的蔬菜有关。残留农药还会危害人的神经系统和其他器官,诱发突变,导致癌症和慢性中毒等。更为严重的是,由于病虫草害的抗药性,以及农药同时杀死大量有益生物,导致了害虫草更加猖獗,形成恶性循环,是破坏自然生态环境的“自杀式农业”。在我国加入WTO之后,农业生产还面临着全球性绿色壁垒等技术性挑战,发展无公害农业已经成为未来农业的发展趋势^[6~8]。

针对农业病虫草灾害日益猖獗、化学农药危害日益严重的现状,科学家们探索非化学手段和方法治理农业病虫草害的兴趣日益强烈。事实上,非化学手段防治病虫草害是最早被人类采用的方法,也在不断改进和发展着;只不过是出于人类往往只顾眼前利益,忽视潜在和长远的危害,对农药过分依赖,滥用化学农药,常常忽略了最直接但往往也是最有效的非化学手段的物理防治方法。

近年来,随着经济的发展和人民生活水平的提高,我国设施农业正处于空前迅速发展的大好时机,但随之而来的棚室内作物病虫草害问题日益突显。在作物种植前对棚室土壤进行消毒处理是一种被广泛采用的积极有效的防治病虫草害的方法,国内外对棚室土壤进行消毒处理主要采用化学试剂熏蒸的方法,有少量采用高温蒸汽熏蒸或火烧、水淹等物理方法,采用微波照射的方法很早就有国外学者进行试验研究,由于技术水平、成本等因素的限制,一直未能得到推广使用,近年来,随着相关技术的发展,国内外对该技术的研究开始升温,其潜在的广阔应用前景日益引起各国政府和科学家的关注。本文拟对微波消毒大棚、温室土壤防治病虫草害的方法进行综述。

1 采用微波消毒棚室土壤的重要性和优越性

土壤是病虫害传播的主要媒介,也是病虫害繁殖的主要场所。许多病菌、虫卵和害虫都在土壤中生存或越冬,而且其中还常存有杂草种子。在棚室内或固定田块连茬耕作时,会导致土壤中有害生物量剧增,病虫害连年加重,使蔬菜等作物产量锐减、品质下降。例如草莓枯萎病、根腐病、黄萎病、疫病

等土传病害、病原菌的大量积累,将给草莓生产带来巨大损失。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^[9]。若将棚内土壤移出换上新土,费时费力,过一段时间后还将重蹈覆辙^[9]。土壤消毒是解决这一问题的有效途径。蔬菜、花卉、幼树等苗床用土、盆花用土、露天圃地等使用前都应彻底消毒,以预防病虫草害的发生。长期以来,人们最常用的土壤消毒剂是甲基溴,是高毒杀虫剂(熏蒸剂),对土传有害生物具有高效、广谱的杀菌效果。甲基溴土壤消毒方法不仅对当季作物有增产作用,对后茬作物仍有一定的增产作用。并可明显提高产量和品质。用甲基溴土壤消毒后,多点试验甲基溴土壤消毒对黄瓜都有增产作用,增产幅度在7%~34.5%,并可明显提高黄瓜Vc含量^[10]。

但由于甲基溴是一种破坏臭氧层的物质,在各种用途的甲基溴使用过程中,有32%~95%的甲基溴排放到大气中去。根据《蒙特利尔议定书哥本哈根修正案》,各国于2005年后逐渐停止生产和使用溴甲烷,在发展中国家将于2015年淘汰^[11]。同时,由于甲基溴具有高毒性,使用不当易造成人畜中毒,使用也不方便。寻找替代甲基溴新技术是倍受各国政府和全球植保、环保等诸多科学领域科技工作者关注的热点问题。国外在这方面的研究进行得比较早,也比较深入,我国目前有中国农业大学等高校进行了采用其他化学试剂替代甲基溴的研究^[11~15]。采用微波消毒土壤的方法对环境无任何污染和残留,是人们梦寐以求的绿色、高效的病虫草害防治方法,是取代甲基溴等土壤消毒方法的首选方法。

2 国内外微波消毒土壤技术的发展及现状

国外许多学者对采用微波进行土壤消毒的技术进行了研究。英国科学家Davis F S, Wayland J R, Merkle M G., Rice R P, Putnam A R.在70年代就进行了照射土壤杀灭草子的研究,发现潮湿土壤中的草子更容易被杀死^[16,17]。Barker A V和Craker L E.进行了采用2 450 MHz微波(波长12.25 cm)代替化学方法进行土壤消毒的研究^[18];美国科学家Wayland J实验表明,拖着微波发生装置在田野上经过,当微波能量在70 J/cm²时,确实可以杀死草子^[19],Menges R M用45~730 J/cm²,

2 450 MHz 的微波辐射种植甜瓜的农田土壤,发现确实可以杀死几种草子而对种子无任何影响^[20]。Davis F S 和 Wayland J R 还进行了微波杀死已经长成的杂草的研究,但实验证明成本太高,效率低,而且微波辐射还对作业者和路过者有害^[21]。Texas A & M 1970 年的研究指出:用微波进行土壤消毒,对控制植物病虫害是有效的,大大优于其他物理消毒方法,但能量消耗大,成本高。此后,西方科学家对这个领域的研究一直在进行着,后续的研究方向就集中在提高杀灭率和降低成本上,随着电子技术及其他相关技术的发展,微波装置的效率显著提高、成本显著降低。到 90 年代末,对土壤病菌的杀灭率由 70 年代的 10% 提高到 50%,成本降低到原来的 1/15。在 2004 年暑期的国际微波大会第 38 届年会上,美国著名科学家 Nelson, S. O 对微波在农业上的应用进行了回顾总结,指出,成本高仍是制约微波土壤消毒技术推广的主要障碍^[22~24]。由于微波土壤消毒兼有热效应和生物效应杀菌效果,因而,杀灭效率和效果都远优于其他物理消毒方法,而且,因其具有操作简便、无任何毒性、无污染和无残留等特点,使得国内外科学家们一直在不懈地研究和改进微波土壤消毒技术。中国农药信息网 2005 年发布新技术消息,称“德国车荷恩赫农业机械公司研制生产了一种微波灭虫犁,这种犁的犁尖壳内有台 6000W 的微波发射机,该犁用拖拉机或农用汽车带动,在耕作翻土时,微波通过犁尖发射到土壤中,足以消灭 50 cm 深土中的害虫或病菌,对土壤可起到消毒灭虫的作用。这种微波犁还可以用来对鱼池、牧场、草场等大面积区域消毒灭菌”。2004 年白俄罗斯有“采用扣在地面上的谐振腔消毒土壤”专利公告。国内在 2003、2004 年有“采用扣在地面上的谐振腔消毒土壤”及“犁形微波消毒土壤装置”专利授权公告。目前国内外对该技术仍然处于实验和研究阶段,未见系统的理论研究报告,尚未有该领域原理和技术上的突破,也未见可商业化的产品。

3 微波消毒土壤的机理

根据目前生物学、生物物理学、生态学、电磁学的研究,可以认为,微波消毒土壤的机理包括微波的热效应和生物效应(非热效应)。

微波消毒土壤的热效应:土壤中的生物体内的许多极性有机大分子、离子基团及水在电场作用下形成偶极子,有一定的取向性,在电场作用下产生取向运动,在快速周期性变化的电磁场作用下,分子运动、碰撞、摩擦而产生热,生物机体过热会使组成生

物体的蛋白质产生热变性,酶失活,从而影响其各项生命活动。在温度高于 50 °C 时将使细菌中蛋白质凝固而导致细菌死亡。

微波消毒土壤的生物效应(非热效应):微波辐射对生物体的影响,目前有很多学说,比较流行的有“应答学说”、“极化击穿学说”等。从生物物理学角度分析,微波对生物体产生影响的机理可以是^[25]: (1)对电子传送的影响;(2)对自由基活动的影响;(3)对生物膜通透性的影响;(4)对蛋白质和酶活性的影响;(5)对遗传基因的影响;等等。总之,微波消毒土壤使得在微波电磁场照射下,土壤中微生物受到热力、电磁力双重作用,具有热效应和生物效应双重效应,因而,其杀菌效果大大优于常规热杀菌。采用微波消毒土壤可杀灭其中的成虫、虫卵、有害微生物、病菌及草子。无任何残留,无抗性。

通过消毒后,主要病害的病原菌出现的频率非常低。消毒处理方法,可以看成是对土壤微生物种群进行筛选的过程,淘汰了绝大部分病原菌。土壤消毒后再结合种植前的棚内熏蒸,作物生长期的有效预防,对主要病害的防治是有显著效果的。土壤中的生物类群是庞大的,其中许多是致病因子,但有许多是有益的和无害的因子,多种真菌和放线菌能分泌杀死有害病原细菌和真菌的化学物质,是潜在的生物防治资源。土壤微生物又能完成有机质分解,养分转化等一系列土壤生化过程。为防治病虫害用微波消毒土壤的同时,也杀灭了土壤中有利的生物。因此,对消毒后得到土壤施有机肥及保证有机肥的质量是很重要的^[11~14]。

4 微波消毒土壤技术的发展趋势

目前国内外微波消毒土壤装置主要采用连续微波发生装置(使用的微波频率为工业微波频率 915 MHz 或 2 450 MHz),由高压变压器、高压整流电路、温控系统、波导、磁控管及控制电路组成。根据目前制造水平,可制造出的连续微波源输出功率可达到几百千瓦,转换效率可达 70%(大功率磁控管需要水冷却系统散热)。连续微波消毒土壤的机理是由于微波的热效应、生物效应(非热效应)使有害微生物致死,且主要靠微波的热效应。存在杀灭效率低、成本高、费时费力、杀灭不均匀及微波泄露等问题。

由于脉冲微波杀菌生物效应显著,杀菌效果远优于连续微波,探索采用脉冲微波消毒土壤是国内外学者关注的热点问题,目前主要研究方向集中在脉冲微波杀菌生物效应机理的研究、选择性杀灭有

害微生物的途径、提高脉冲微波杀菌生物效应的方法、高效可重复使用且低成本的脉冲微波发生装置的研究等。目前尚未见该领域的系统的定量的理论研究报道、尚无明显进展和突破,主要还处于实验研究、积累数据及机理探索阶段。

但值得高度关注的是,目前欧美等发达国家都在对该技术进行积极研究和探索,并认为这是抢占绿色农产品国际市场的极其关键和重要的技术!欧共体 2005 年初专门重金资助该领域的研究,并把该技术提高到欧盟农业与美国农业抗衡及与发展中国家农产品竞争的关键技术的战略高度!欧美都声称将在该领域取得重要进展!

5 结束语

随着更加经济、高效率的微波功率装置的发展,微波技术将会越来越多地应用到现代农业中。农业病虫害的微波防治手段,具有操作简单、绿色、环保、无残留、无毒和无公害等特点;有利于保持土壤资源可持续利用,促进农业现代化,提高农业经济效益,增强人民健康,增加农产品出口,提高我国的国际形象。随着生命科学、生物技术、信息科学以及微波技术等相关学科技术的发展,微波消毒土壤技术必将得到更广泛应用。对绿色农业、环境保护和生态建设及提高人民健康水平具有重要意义!其社会和生态效益将是相当巨大而深远的!

参考文献:

- [1] 薛全义,张立今,荆棘宇.无公害农作物生产技术[M].北京:中国计量出版社,2003.
- [2] 张原,徐建武.2005 年蔬菜主要病虫害发生趋势及防治对策[J].湖北植保,2005,(1):8.
- [3] 魏发胜.公害在蔬菜上的表象及成因[J].安徽农业,2003,(2):6.
- [4] 夏国军.杂草防治方法概述[J].杂草科学,1996,(4):25-26.
- [5] 王建锋.恶性杂草的危害现状及生物防治应用前景[J].中国草地,1994,(5):62-65.
- [6] 华小梅,江希流.我国农药环境污染与危害的特点及控制对策[J].环境科学研究,2000,13(3):40-43.
- [7] 罗惠琴.农药污染的危害与绿色食品的兴起[J].新疆农垦科

技,1996,(2):32-33.

- [8] 刘锋章.农药对自然环境和人类社会的负面影响及危害[J].山东环境,1998,(4):70-71.
- [9] 曹志平,陈国康,郑长英等.五种甲基溴土壤消毒替代技术比较研究[J].农业工程学报,2004,20(5):250-253.
- [10] 李祥云,高峻岭,陈振德等.溴甲烷土壤消毒对蔬菜产量及品质的影响[J].北方园艺,2002,(6):42-43.
- [11] 曹志平,陈国康,于永莉等.甲基溴土壤消毒替代技术条件下的线虫生态学研究[J].生态学报,2004,24(6):1205-1211.
- [12] 张成省,孔凡玉,王凤龙等.替代甲基溴的土壤消毒技术[J].山东科学,2005,18(1):26-29.
- [13] 贺雷凤,杜宗萍.棚室草莓田溴甲烷土壤消毒技术[J].安徽农业,2004,(9):21.
- [14] 张春光,徐秀华,吴玉英.应用菌虫杀灭剂进行保护地土壤消毒的效果分析[J].土壤通报,1996,27(4):182-184.
- [15] Ristaino J B, Thomas W. Agriculture, methyl bromide and the environment[J]. Plant Dis. 1997, 81: 964-978.
- [16] Davis F S, Wayland J R, Merkle M G. Phytotoxicity of a UHF electromagnetic field[J]. Nature, 1973, 241: 294-292.
- [17] Rice R P, Putnam A R. Some factors which influence the toxicity UHF energy to weed seeds[J]. Weed Science, 1977, 25(2):179-183.
- [18] Barker A V, Craker L E. Inhibition of weed seed germination by microwaves[J]. Agronomy Journal, 1991, 83: 302-305.
- [19] Wayland J, Merkle M, Davis F, et al. Control of weeds with UHF electromagnetic fields[J]. Weed Research, 1975, 15: 4-5.
- [20] Menges R M, Wayland J R. UHF Electromagnetic energy for weed control in vegetables[J]. Weed Science, 1974, 22(6):584-590.
- [21] Davis F S, Wayland J R, Merkle M G. Ultrahigh-frequency electromagnetic fields for weed control: phytotoxicity and selectivity[J]. Science, 1971, 173: 535-537.
- [22] Kraszewski A W, Nelson S O. Microwave techniques in agriculture[J]. Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy, 2003, 38(1):13-25.
- [23] Mavrogianopoulos G N, Mavrogianopoulos A, Frangoudakis et al. Energy efficient soil disinfestations by microwaves[J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 2000, 75(2):149.
- [24] Vela-múquiz r. Control of field weeds by microwave radiation[J]. Acta hort. (ishs), 1984, 152: 201-208.
- [25] 刘亚宁.电磁生物效应[M].北京:北京邮电大学出版社,2002.

欢迎投稿 欢迎订阅