

土壤处理防治土传病害的研究进展

尹淑丽 (河北省生物研究所, 河北石家庄 050081)

摘要 阐述了国内外防治土传病害的土壤处理方法及其应用情况, 讨论了目前存在的问题及发展方向。

关键词 土壤处理; 土传病害; 问题; 趋势

中图分类号 S432 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)28-08922-03

Research Advance in Soil Treatment Controlling Soil-borne Pathogen

YIN Shu-li (Institute of Biology of Hebei Province, Shijiazhuang, Hebei 050081)

Abstract The application and soil treatment methods of controlling soil-borne disease at home and abroad were stated and the present question and development direction were discussed.

Key words Soil treatment; Soil-borne disease; Problems; Tendency

土壤是一个复杂、动态的有机整体, 其中的有害和有益微生物互相拮抗, 有害菌一旦占据统治地位, 土壤内在的平衡便被打破, 极易引发土传病害。土传病害是一类严重的植物病害。引起土传病害的病原物种类很多, 包括真菌、细菌、线虫、病毒等, 它们通常侵染植物的根部, 引起根部甚至全株的病害, 从而造成重大的经济损失。土壤处理是防治土传病害的重要途径。化学熏蒸是土壤处理的重要办法之一, 但溴甲烷的大量使用严重破坏了大气臭氧层, 造成地球表面紫外线辐射大幅度增加, 严重影响地球环境和人类健康^[1]。随着溴甲烷的不断淘汰, 寻找环保型的替代技术成为热点研究课题之一。因此, 笔者主要从土壤处理的角度介绍防治土传病害的研究进展。

1 土壤处理类型

1.1 加热 加热的基本原理是使土壤的温度升高, 从而有效杀死土壤中的病原体、节肢动物和害虫, 通常 70℃ 处理 30~60 min 即可有效的杀灭大多数害虫, 但对于特定的病毒病 TMV 没有效果^[2-4]。在欧洲 20 世纪前该方法即在温室中被利用。

该方法的两个关键性问题是: 温度必须达到或超过土壤中害虫可以忍受的温度; 温度不能太高。高于 70℃ 特别是温度达到 100℃ 时, 可能会伤害土壤中的大多数生物, 并导致有益微生物(根瘤菌、菌根、拮抗菌)死亡。如果温度控制不当, 加热的土壤可能比不加热的土壤更易感病。因此, 土壤剖面温度的分配对于最小限度的扰乱土壤中微生态活动非常重要。

1.2 大水浸泡 大水浸泡土壤被认为是种植前有效防治病害的处理方法。氧气浓度降低、二氧化碳浓度增大, 以及各种微生物的相互作用对于土传病害的存在是不利的, 如厌氧过程中有毒物质的产生^[5]。经典的例子就是大面积的控制香蕉的枯萎病: 香蕉种植园中土壤被浸泡 3~4 个月或更长的时间(水深至少 30 cm), 可有效控制香蕉的枯萎病。但该方法对于大量病原菌存在或含有未知有利于病原菌存在因素的土壤是无效的。Newhall 进行了大水浸泡可防治土传病害包括病原体、线虫的研究。在迦萨地区, 某些地方在冬季和春季时土壤被浸泡几个星期后, 该地蔬菜生长与未被浸泡

的地块相比更健康、少病且高产^[2]。但是该方法只能应用于水资源比较丰富的地区。夏季长期的大水浸泡可控制稻米田中大丽轮枝菌的发生, 大丽轮枝菌的控制直接减少了棉花黄萎病的发生, 提高了棉花的产量。轮作 1 年的水稻地块可有效灭杀大丽轮枝菌。在温室和大田试验中土壤被浸泡 6~8 周, 其饱和渗透对于降低大丽轮枝菌的数量有重要作用^[6]。

1.3 深耕 深耕可减少植物根系与病原菌的联系, 利用土壤和暴露病原菌在自然温度和干燥的条件下提高病原菌的死亡率。深翻有机质是无污染的耕作方式, 可有效控制花生的白绢病^[7]。同时与浅耕相比深耕降低了番茄枯萎病的发生率, 提高了产量^[8]。Newhall 的研究表明, 在炎热的季节, 深耕可使土壤接受光线的照射, 从而降低疾病的发生率^[2]。

1.4 光能利用 太阳能消毒的报道始于 1976 年以色列人 Katan J 利用太阳能消毒成功防治番茄和茄子的枯萎病及几种杂草的试验。1977 年, 美国加利福尼亚大学戴维斯分校的研究者 Katan J 在此基础上, 应用太阳能消毒对大田棉花枯萎病防治的试验是太阳能消毒的第一次应用。随后, 太阳能消毒在世界各地得到广泛的关注和应用。在 1976~1986 的 10 年间, 至少有 24 个国家进行了太阳能消毒的尝试, 这些国家大多分布于最适于太阳能消毒应用的热带地区。人们对土壤暴晒技术的研究愈加深入, 到 20 世纪 70 年代中期, 这项技术逐步形成。

在种植前借光能加热土壤防治病害, 方法是在土壤上加盖塑料薄膜, 提高土壤的温度, 从而控制病害的发生。温室大棚即运用了该原理从而减少病虫害的发生。在传统农业中, 农民利用太阳暴晒土壤的消毒作用, 减轻土传病虫害。目前国外使用的土壤暴晒(Soil Solarization)技术就是在该基础上发展起来的。它是“在已经准备好种植作物的潮湿土壤上, 在炎热的季节里(夏季), 应用塑料薄膜覆盖土壤 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中有害生物”的一项技术。它的主要原理是应用经热(Hydrothermal)灭菌的作用, 杀死土中有害生物。覆膜技术包括 3 种: 单膜覆盖技术(膜的厚度在 60~80 μm)。在亚热带气候地区应用单层膜覆盖土壤, 足以达到消灭土传有害生物的效果。双层膜覆盖。在暖温带地区, 如日本和欧洲地中海地区, 在温室中使用双层膜覆盖能防止热量、温度和挥发气体的散失, 提高室内温度 3~10℃, 增加防治有害生物的效果。黑色膜覆盖加土壤热水处理。在约旦, 田间应用黑色膜覆

盖,同时结合热水处理土壤(在10~20 cm的土壤中,灌进15~20℃的温水),能使土壤温度提高到56~60℃,提高防治效果。

1.5 土壤卫生 土壤卫生的主要目的是利用各种方法阻止或减少病原菌侵入土壤。农作时注意农具的卫生,防止因农具造成病原菌的传播;很多地区为了更好的控制土壤的卫生,选择在温室种植可以方便的控制各种条件,从而减少来自土壤外部的污染,对于出现的病害植株及时地处理清除,可减少进一步侵染。

1.6 施用土壤添加剂 土壤添加剂是一种由动植物体有机质、化学肥料及少量无机盐合成的有机、无机营养混合物。无机添加物可以直接促进作物的生长,还可以抑制土壤中的病原菌;有机质可增进土壤肥力,改善土壤通气性和增加微生物总量。

1954年Vaugh报道应用黄杉松皮氨化堆制肥可防治由疫霉引起的草莓红色中柱病;1977年Sliguchi研究发现,日本菜农采用落叶松树皮堆制后,有效的防治了镰刀菌引起的中国山药褐腐病;1983年Kuter等报道采用阔叶松树皮分别经露天和休闲堆制的两种堆制产生了抑制水稻纹枯病菌的效果。利用绿肥及动植物残渣防制土传病害,绿肥具有旺盛发达的根系,其根系分泌的各种无机盐和有机质,给微生物的生长提供了良好的理化环境;1970年Gbert研究报道紫花苜蓿添加于土壤之后,可减轻Phytophthora、Fusarium、Thielaviopsis等病菌引起的根部病害,添加量大的紫花苜蓿,50 d后可以破坏土中所有的菌核,添加少量的紫花苜蓿,80 d后有90%的菌核遭到破坏,而未添加者仅有25%的菌核受害;1971年Lewis等指出,用甘蓝、芥蓝和芥菜渣添加于土壤中可以显著降低豌豆根腐病的发生;1965年Khalifa报道在温室中栽培和添加施用壳质可防治镰刀菌引起的豌豆枯萎病。

在添加剂中也可添加拮抗微生物,利用微生物繁殖速度快的优点,大量人工繁殖后施入土壤中,可调节根部微生态环境,限制土传病原真菌的繁殖和抑制土传病害的发生和发展,还可增强其固有的拮抗作用。常见的种类有细菌、真菌、放线菌。

1.6.1 细菌。

1.6.1.1 假单胞菌(Pseudomonas spp.)。假单胞菌广泛存在于植物根际,具有突出的防病增产的作用,该细菌大量存在于植物的根围和叶围,土壤中以不同生物型的荧光假单胞杆菌(*P. fluorescens*)为主,而在植物叶表主要以丁香假单胞菌(*P. syringae*)为主,这类细菌以及草生欧氏杆菌(*E. herbicola*)某些菌株对植物气生部分病害有一定的影响。目前应用的主要种类有荧光假单胞杆菌(*P. fluorescens*)、洋葱假单胞杆菌(*P. cepacia*)和恶臭假单胞菌(*P. putida*)等。国内利用荧光假单胞杆菌防治多种植物病害,如小麦全蚀病(*Gaeumannomyces graminis*)、棉花幼苗猝倒病(*Pythium ultimum*)、马铃薯软腐病(*Erwinia carotovora*)等。Inbar等^[9]采用*P. syringae* pv. *syringae*4-A产生的syringacin4-A粗提液喷雾于菜豆叶上防治由*P. phaseolicola*引起的叶斑病;浸种大豆可免遭*P. glycinea*为害并促进种子萌发。

1.6.1.2 芽孢杆菌(Bacillus spp.)。目前国内外应用芽孢杆

菌防治的植物病害非常广泛,如马铃薯疮痂病、番茄青枯病、苹果红腐病、小麦赤霉病及其他一些土传和地上部病害,防治这类病害的生防菌是营腐生生活的G⁺细菌,G⁺细菌可以内生芽孢,抗逆能力强,繁殖速度快,营养要求简单,易定殖在植物表面^[10]。目前用于生防细菌的种类有:枯草芽孢杆菌(*B. subtilis*)、多粘芽孢杆菌(*B. polymyxa*)、蜡状芽孢杆菌(*B. cereus*)、巨大芽孢杆菌(*B. megaterium*)和短小芽孢杆菌(*B. pumilis*)等。

林福呈等^[11]从西瓜根际分离的3个枯草芽孢杆菌菌株对西瓜枯萎病菌大、小分生孢子的萌发及芽管的生长均有明显的抑制作用;陈志谊等^[12]应用*Bacillus subtilis* 916菌株防治水稻纹枯病,在大田推广使用,效果显著;王政逸等^[13]分离的R38、R28菌株对立枯丝核菌AG4有很好的防治效果,并对寄主生长有较好的促进作用;游春平等^[14]分离的短小芽孢杆菌(*B. pumilis*)对稻瘟病菌有显著的抑制作用;国外^[15]利用*B. subtilis*防治由*Rhizoctonia solani*、*Pythium spp.*、*Fusarium spp.*和*Botryodiplodia solani-tuberosi*引起的病害,已取得较好的效果。

1.6.2 真菌。木霉是一类分布广、繁殖快、具有较高生防价值的真菌。据不完全统计,木霉菌至少对18属29种病原真菌表现拮抗活性^[16],如腐霉菌、轮枝孢、镰刀菌、长孺孢、交链孢、丝核菌、葡萄孢等^[17]。其拮抗作用机制是多方面的,目前认为主要有重寄生、抗生素和竞争作用^[18]。拮抗木霉主要有哈茨木霉(*T. harzianum*)、绿色木霉(*T. viride*)、钩状木霉(*T. hamatum*)、长枝木霉(*T. longibrachiatum*)、康氏木霉(*T. koningi*)以及新近归为粘帚霉属的绿色粘帚霉(*Tichoderma virens*),目前已商业化的产品主要是哈茨木霉菌株及少量的绿色木霉菌株^[19]。

Wenling发现,在立体条件下木素木霉(*Tichoderma lignorum*)与立枯丝核菌(*Rhizoctonia solani*)共培养时,木素木霉的菌丝缠绕着立枯丝核菌,使其菌丝原生质凝结、细胞液泡消失及菌丝解体。毛壳菌(*Chaetomium spp.*)通常存在于土壤和有机肥中,可以有效降解纤维素和有机物,并对土壤中的某些微生物产生抑制作用;Martin等发现,巴西的各品种燕麦的种子被球毛菌(*Chaetomium globosum*)和螺卷毛壳(*Chaetomium cochliodes*)侵染后,则对维多利亚长蠕孢毒素的作用产生了抵抗力,从而使其幼苗免受*Fusarium spp.*或*Drechslera sorbini*的侵染;近年来利用非致病镰刀菌菌株的交叉保护作用防治由镰刀菌引起的土传病害也得到广泛的重视。马平等^[20]从棉花内部分离到两株非致病镰刀菌VL1和VL2,通过空间竞争和营养竞争有效地抑制黄萎病菌的生长,对棉花黄萎病的相对防效分别达到87.9%和66.4%。目前也有关于淡紫拟青霉、厚壁孢子轮枝菌、小盾壳霉和菌根真菌具有生防作用的研究。

1.6.3 放线菌。自从Cohn于1872年发现放线菌后,已报道的放线菌有69属1687种^[21]。20世纪70年代,Kerr从土壤中分离到土壤放线杆菌*Agrobacterium radiobacter* K84,利用其活菌制剂及其产生的抗生素Agrocin84,可有效防治桃树根癌病;王琦^[22]从菜丛根病株根面和根内分离3株链霉菌(*Streptomyces*),该菌的代谢液能抑制甜菜坏死黄脉病毒(BNYVV)的

传毒介体甜菜多粘菌(*Hyomyxa betae*)的休眠孢子萌发,使游动孢子泳动减缓。

在植物病害生物防治中主要是链霉菌属(*Streptomyces* sp.)及小单孢菌属(*Micromonospora* sp.)^[23]。1953年从苜蓿根土中分离获得的细黄链霉菌(*St. microflavus*)^[24],在生长过程中能分泌数种不同的抗生素,抑制多种植物病原菌的生长,并能分泌激素促使植物细胞的分裂和伸长,用其制成的“5406”抗生素施于田间,具有防病、保苗和增产的效应。世界上已广泛应用的另一种放线菌的活体制剂 Mycostop^[25],是由 Kenira 于1989年从泥煤中分离到的灰绿链霉菌(*St. griseovidis*)的孢子和菌丝制成的制剂。该制剂主要防治一些常见的土传病害病原菌,如腐霉菌(*Pythium* spp.)、镰刀菌(*Fusarium* spp.)、疫霉菌(*Phytophthora* spp.)和丝核菌等^[26]。

1.7 生物熏蒸 生物熏蒸是利用植物有机质在分解过程中产生的挥发性杀生气体抑制或杀死土壤中的有害生物的方法。1994年 Angus 等将芸薹属植物组织深翻到小麦田,发现能够减少小麦全蚀病菌(*Gaeumannomyces graminis var. tritici*)的数量,并首次将该种土壤处理方法称为生物熏蒸。国外对芸薹属植物的熏蒸效果研究较多,目前已知利用芥菜、芝麻菜、甘蓝和花椰菜等植物材料进行土壤熏蒸,对镰刀菌、立枯丝核菌、大丽花轮枝菌、根腐丝囊霉等多种重要土传植物病害病原菌有一定的抑制作用。该属植物组织中还有大量的硫代葡萄糖酸脂(Glucosinolates, GSLs),该物质本身的杀生性不高,但在腐烂过程中可被自身产生的植物源酶——黑芥子酶(Myrosinase)水解而形成挥发性和杀生性很强的异硫氰酸酯(Isothiocyanates, ITCs)类物质,从而降低了土壤中有害微生物的数量。生物熏蒸能够提高土壤有机质含量,增加肥力,而且对环境不造成污染,对植物无药害。李明社等^[27]研究表明,生物熏蒸对番茄枯萎病的防治效果优于太阳能和土壤还原消毒法。

2 存在的问题及发展趋势

2.1 存在的问题 土壤处理防治土传病害代替了杀虫剂的使用,减少了对环境的污染。但是由于地理条件的限制,很多处理方法如加热、大水浸泡、光能利用对气候条件有一定的要求;处理时间长,影响复种指数;在缺水的旱作区应用存在局限性;土壤深层的病原生物得不到防治;覆盖后的塑料残膜污染农田。随着科技的进步和发展,人们开始利用生物防治即在土壤中添加生物制剂或利用生物熏蒸的方法处理土壤,因此减小了不同地理条件的影响。但使用单一的生防因子防治的病害单一,综合防病效果差,需菌量大,环境依赖性强,产品保藏期短,菌种易退化。

2.2 发展趋势 土传病害的防治需要几种不同方法的联合控制,从而消除地理和环境的因素对于防治方法的影响。结合同物理的土壤处理方法,采用生物添加剂和熏蒸的方法防治

土传病害,变单一菌的使用为多菌混合使用,利用不同微生物的抗病机制,延长有效期并提高防治病害的广谱性;对现有的野生型生防细菌进行基因改造,以获得广谱高效的新型生物;对土壤病原物的流行和生态学进行更多的研究,使环境和操作更有利于生防微生物作用的发挥。

参考文献

- [1] UNEP. Scientific assessment of ozone depletion: world meteorological organisation, global ozone research and monitoring project [R]. Nairobi: UNEP, 1994.
- [2] NEWHALL A G. Disinfestation of soil by heat flooding and fumigation [J]. *Bt Rev*, 1955, 21: 189-250.
- [3] RUNA WT. A recent development in steam sterilization [J]. *Ata Hortic*, 1983, 152: 195-200.
- [4] BOLLEN G J. Lethal temperatures of soil fungi [C]// PARKER C A. Ecology and management of soil-borne plant pathogens. USA: APS St Paul, 1985: 191-193.
- [5] BRUEHL G W. Soil-borne plant pathogens [M]. New York: Macmillan Publishing Company, 1979.
- [6] PULLMAN GS, DEVAY J E. Effect of soil flooding and paddy rice culture, on the survival of *Fusicillium dahliae* and incidence of *Fusicillium wilt* in cotton [J]. *Phytopathology*, 1981, 71: 1285-1289.
- [7] GARREN K H, DUKE G B. The effects of deep covering of organic matter and non-ditching weed control in peanut stem rot [J]. *Hort Dis*, 1958, 42: 629-636.
- [8] GAREN K H. Control of *Sclerotium rolfsii* through cultural practices [J]. *Phytopathology*, 1961, 51: 120-124.
- [9] MDAVER A K. Prospects for control of phytopathogenic bacteria by bacteriophage and bacteriocins [J]. *Ann Rev Phytopathol*, 1976, 24: 451-465.
- [10] 何礼远. 细菌在植物病害生物防治上的应用研究进展 [J]. *生物防治报*, 1985, 8(1): 18-31.
- [11] 林福呈. 枯草芽孢杆菌产生的拮抗物质对西瓜枯萎孢子萌发的影响 [J]. *浙江农业大学学报*, 1990, 16(S2): 235-240.
- [12] 陈志谊. 枯草芽孢杆菌 B916 防治水稻纹枯病的田间试验 [J]. *中国生物防治*, 1997, 13(2): 75-78.
- [13] 王政逸. 拮抗立枯丝核菌的细菌菌株筛选及其防治试验 [J]. *浙江农业大学学报*, 1990, 16(S2): 191-195.
- [14] 游春平, 肖爱萍, 李湘民. 稻瘟病菌拮抗微生物的筛选及鉴定 [J]. *江西农业大学学报*, 2001, 23(4): 519-521.
- [15] KNOX O G G, KILLHAM K, LEFERT C. Effects of increased nitrate availability on the control of plant pathogenic fungi by the soil bacterium *Bacillus subtilis* [J]. *Applied Soil Ecology*, 2000, 15(2): 227-231.
- [16] 王芊. 木霉菌在生物防治上的应用及拮抗机制 [J]. *黑龙江农业科学*, 2001(1): 41-43.
- [17] 杨合同, 唐文华, RYDE M. 木霉菌与植物病害的生物防治 [J]. *山东科学*, 1999, 12(4): 7-20.
- [18] 郭润芳, 刘晓光, 高克祥, 等. 拮抗木霉菌在生物防治中的应用与研究进展 [J]. *中国生物防治*, 2002, 18(4): 180-184.
- [19] 杨依军, 王勇, 杨秀荣, 等. 拮抗木霉菌在生物防治中的作用 [J]. *天津农业科学*, 2000, 6(3): 29-33.
- [20] 马平, 李社增. 利用棉花体内非致病镰刀菌防治棉花黄萎病 [J]. *中国生物防治*, 2001, 17(2): 71-74.
- [21] 阮继生, 刘志恒, 梁丽糯, 等. 放线菌研究与应用 [M]. 北京: 科学出版社, 1990.
- [22] 王琦, 王慧敏, 于嘉林, 等. 甜菜多粘菌拮抗放线菌的筛选及其防治丛根病效果的检测 [J]. *中国农业大学学报*, 2003, 8(3): 56-60.
- [23] 秦利男. 生防放线菌的筛选研究 [D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 1998.
- [24] 尹莘耘. 我国利用抗生素防治农作物病害的进展 [C]// 农牧渔业部植物保护总站. 中国生物防治的进展. 北京: 农业出版社, 1984.
- [25] KORTEMMA H, PENNANENT, SMOLANDER A, et al. Distribution of *Actinomyces giseoviridis* in Rhizosphere and Non-rhizosphere [J]. *Sand J Phytopathology*, 1997, 145: 137-143.
- [26] 乔宏萍. 重寄生放线菌 F46 和 PR 的生物学习性及对果、蔬采后病害的控制作用 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2003.
- [27] 李明社, 李世东, 缪作清, 等. 生物熏蒸用于植物土传病害治理的研究 [J]. *中国生物防治*, 2006, 22(4): 296-302.