

DOI: 10.3969/j.issn.2095-3704.2012.03.003

# 使用堆肥防治线虫的现状

董 飒

(山东农业大学植物保护学院, 山东 泰安 271018)

**摘要:** 根结线虫是重要的经济植物病原物, 严重影响农业生产, 随着化学防除线虫越来越困难, 线虫防治面临一场严峻挑战, 因此, 开发一种经济有效的防治线虫的方法非常有必要。目前, 国内外越来越倾向于利用各种自然因素防治根结线虫, 其中堆肥就是一种重要的方法。本文根据已有研究, 就目前使用的几种堆肥方法及其对线虫的防治效果和作用机理做一概述, 并对堆肥使用前景进行了展望。

**关键词:** 堆肥; 根结线虫; 生物防治; 效果; 前景

中图分类号: S474

文献标志码: A

文章编号: 2095-3704 (2012) 03-0245-04

## A Review on Root-Knot Nematode Control with Compost

DONG Sa

(Department of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

**Abstract:** Root-knot nematodes are important pathogens of economic plants, seriously affecting agricultural production. As the chemical control has become more and more difficultly, control of nematode faces a serious challenge. Therefore, the development of a less cost and more effective way to control nematodes is necessary. At present, domestic and international researches tend to control the root-knot nematode with a variety of natural factors, compost is one of the important aspects. This article reviewed the methods of application, the effects on nematode control and the mechanisms of action of compost and outlooked the prospect of the use of compost based on existing researches.

**Key Words:** compost; root-knot nematode; biological control; effect; prospects

### 1 前言

我国城市生活垃圾历年的堆存量已超过60亿吨, 而资源化利用低于5%, 绝大多数垃圾处于闲置混乱堆放状态<sup>[1]</sup>。堆肥化是垃圾资源化利用的一个重要途径, 以往垃圾堆肥应用于农田进行作物生产较为普遍<sup>[2-3]</sup>。垃圾堆肥中富含有机质和氮、磷、钾, 是优质的有机肥料, 施用垃圾堆肥可以促进植物生长, 提高生物量<sup>[4]</sup>。

每年农民都会将废弃的农作物秸秆、根、杂草等随意堆放或焚烧。由于较大比例的根可以感染数种植物线虫, 这种处理农作物生产所产生的大量副产品的方法导致植物线虫的广泛传播和循环感染, 将其进行焚烧则会污染环境。另外, 大量产生的畜禽粪便转化利用问题也是一个棘手问题。因此寻找合适的废弃物处理方法、避免二次污染是十分重要的问题。

众所周知, 根结线虫是一种严重的连作障害,

收稿日期: 2012-09-22

作者简介: 董飒, 女, 硕士研究生, 主要从事农药毒理与有害生物抗药性研究工作, E-mail:dongsa.123@163.com。

也是植物的重要病害之一。其寄生范围广，环境适应性强，危害大。每年全球因有害线虫造成的损失高达870亿美元<sup>[5]</sup>。线虫(nematode)是土壤动物中数量和功能类群最丰富的一类，土壤中的数量惊人，每平方米可高达 $3 \times 10^7$ 条<sup>[6]</sup>。随着保护地蔬菜生产面积的增大，特别是日光温室大面积推广以来，复种指数增加，加之重茬严重，导致根结线虫危害日益严重，一般可造成减产10%~20%，严重可达30%~40%，甚至绝产<sup>[7]</sup>。另外，设施蔬菜生产中偏施化肥导致土壤次生盐渍化加剧，微生物群落单一，数量偏低，引起连作障碍。土壤生态系统遭到破坏，难以发挥对根结线虫病的抵御能力<sup>[8]</sup>。

根据对作物是否有害，土壤线虫可分为自由生活性和植物寄生性2种类型。自由生活性线虫能促进土壤有机质降解，增强营养物质矿化，疏松土壤，改善土壤理化性状，提高土壤肥力；植物寄生性线虫主要取食于植物根系，造成植物根系畸形、养分吸收困难甚至腐烂，从而影响作物产量。土壤线虫在植物根际这一特殊的微生态区域中非常活跃，它们直接参与生态系统的物质循环和能量流动，对于土壤有机物的分解、养分的储存转化与释放、土壤微生物区系的调节及土壤理化性质的改变都起着非常重要的作用<sup>[9]</sup>。已有研究表明，不同的环境条件及管理措施对土壤线虫的数量特征、群落结构以及分布格局产生影响<sup>[10]</sup>。

根结线虫的防治方法很多，大致可分为物理方法、化学方法、生物方法以及将这些方法联合起来的综合防治策略<sup>[11]</sup>。考虑到环境和杀线虫剂常常不能持续有效的控制病原，有必要找到包括生物防治因子和有机添加物在内的可替代的、不危害环境的防治策略。近年来，国内外对根结线虫病防治的研究越来越倾向于利用各种自然因素，促进生物与非生物之间的相互作用，进而以一种生态环保的方式对根结线虫病进行防治。土壤生物可以通过生物之间的拮抗、竞争、捕食关系在一定程度上控制土传病害<sup>[12]</sup>。因此，利用土壤微生物种群之间的生克关系以抑制根结线虫病的发生已成为一种防治思路。

绿肥、动物粪肥和堆腐而成的材料等土壤添加物，控制某些土传病原物是有效的，也是最合适的循环利用这些废弃材料的方法<sup>[13]</sup>。本文综述了不同施肥措施对土壤线虫群落的影响，以期对农业生态系统健康持续管理和合理施肥提供科学依据。

## 2 堆肥的种类

堆肥根据有机质、养分、含水量的不同可以分为土壤改良型堆肥和肥料型堆肥。土壤改良型堆肥，养分少、有机质和水分多，目前常用的树皮堆肥、农业废弃物堆肥和生活垃圾堆肥等就属于土壤改良型堆肥。与此相对，完全使用鸡粪或猪粪制作的有机肥，养分多、有机质和水分少，属于肥料型堆肥。这种堆肥，土壤改良效果不大，对线虫防治效果甚微，下面重点介绍土壤改良型堆肥：

### 2.1 树皮堆肥

树皮堆肥是利用树皮、锯屑等为材料来制造堆肥，它能增进土壤有机质及土壤养分缓冲能力，并使根系由原来的集中于地表下约20 cm处延伸至表土下50 cm，能有效地扩大根域范围。这种堆肥是以树皮为材料，并添加鸡粪、人畜尿液等氮源，再加入微生物等发酵促进剂，经长期发酵腐熟而成的。它除了具有疏松土壤、保肥、保水、通气、调温、促进根系发育、提供养分等特性外，尚具有持久性，可长期改进土壤的生物性与理化性。

树皮材料中以阔叶树种（例如白桦、赤层、白僵、石楠、构树等）较针叶树种好，因针叶树皮往往含有较多的单宁酸、精油、酚酸等对作物生长有害的物质。通常阔叶树皮中的这些有害物质经65℃两周或60℃三周的腐熟发酵后可完全分解，而针叶树皮因含量较多不易堆肥。

由于树皮本身营养成分并不多，所以需要依据土壤和作物需求来添加干鸡粪、氮肥、米糠、饼类、过磷酸钙等养分，以提高堆肥的肥效。一般而言，以添加营养源愈多且堆积期愈长者的品质愈好。

### 2.2 农业废弃物堆肥

#### 2.2.1 青草堆肥

因青草含有80%的水分，所以要先把青草晒至萎焉的程度（晴天时约晒半天，阴天则需一天）再堆积。堆积时装入桶中，上压一块大石头，以免空隙过多，最后覆上塑料布或盖上盖子，但桶子与盖子间须留有空隙，以利通气，一周后除去石头。每周需将覆盖物掀开，以补充新鲜的空气。每个月需将所有材料充分搅拌一次，视材料分解情况来斟酌补加水分或调整位置。约3~4个月后，待所有材料均呈茶褐色且松散状态时即可。完成后的堆肥量为原来的一半。

青草堆肥的肥效属中间型, 肥效较垃圾堆肥长些。另外也可使用落叶、枯枝或木屑取代青草来制造落叶堆肥, 但因此类材料含较多的木质纤维、含氮量少, 不易分解, 所以制作时间长, 但其肥效长, 可改善土壤的通气性与保水性, 属缓效性肥料。

### 2.2.2 玉米穗轴堆肥

玉米穗轴需先粉碎过 8.5 目粗细的筛, 并调整水分至湿重的 60%, 经 7 d 假堆积后, 添加猪粪、鸡粪等氮磷来源, 然后再堆积 3~4 周(每周翻堆二次), 于第二次翻堆时加入微生物制剂, 最后在分成小堆, 摊开来使用堆肥降温, 10 d 后即成。

### 2.3 生活垃圾堆肥

垃圾堆肥是处理与利用垃圾的一种方法, 是利用垃圾或土壤中存在的细菌、酵母菌、真菌和放线菌等微生物, 使垃圾中的有机物发生生物化学反应而降解(消化), 形成一种类似腐殖质土壤的物质, 用作肥料并用来改良土壤。按细菌分解的作用原理, 分为高温需(好)氧法和低温厌氧法堆肥。按堆肥方法, 分为露天堆肥法和机械堆肥。堆肥法操作一般分为 4 步: ①预处理, 剔出大块的及无机杂质, 将垃圾破碎筛分为匀质状, 匀质垃圾的最佳含水率为 45%~60%, 碳氮比约为(20~30), 达不到需要时可掺进污泥或粪便; ②细菌分解(或称发酵), 在温度、水分和氧气适宜条件下, 好氧或厌氧微生物迅速繁殖, 垃圾开始分解, 将各种有机质转化为无害的肥料; ③腐熟, 稳定肥质, 待完全腐熟即可施用; ④贮存或处置, 将肥料贮存, 肥料另作填埋处置。

## 3 堆肥对线虫的防治效果

有机肥的施用能调整土壤微生物群落结构, 提高土壤微生物多样性, 从而改善土壤微生态环境。树皮堆肥、玉米秸秆堆肥能较好地调整土壤微生物环境, 特别对根结线虫病有明显的防效。垃圾堆肥对线虫群落中各类群的影响存在明显差异, 主要表现为, 垃圾堆肥抑制了植物寄生类群的群体数量, 而对非植物寄生的营养类群则有不同程度的促进作用, 尤其促进了食细菌类群的生长发育。由于食细菌类群线虫主要以细菌为食, 对植物没有直接的危害; 而植物寄生类群线虫以寄主植物为食, 对植物的伤害最大, 因此, 非植物寄生线虫群体数量的增长, 植物寄生线虫营养类群的降低, 说明垃圾堆肥改善了基质质量。以垃圾堆肥作为土壤营养施配物

质, 不但可以改善土壤微生物区系, 促进土壤中有益微生物的生长, 而且还可以有效控制植物寄生线虫的群体数量, 降低土壤线虫对植物的危害。因此, 该结果肯定了某些工农业废弃物作为控制植物线虫的一种选择<sup>[14]</sup>。

## 4 堆肥防治线虫的机理

在根结线虫多的土壤里, 使用富含有机物和微生物的树皮堆肥, 土壤的物理性、化学性、生物性都得到改变, 土壤疏松、地力强, 为微生物和作物根系营造了一个适宜的生长环境, 作物根系生长健壮, 种类丰富的微生物大量繁殖, 其中包括根结线虫的天敌和拮抗微生物, 因此根结线虫数量剧减。另外, 秸秆和树皮混施能更好的控制线虫, 秸秆增加透气性, 使得前期植株长得壮, 而树皮堆肥肥效释放较为长缓, 控制营养在各个时期的均衡, 利于植株生长发育。秸秆与树皮堆肥混施对土壤微生物能有效调控, 进而对植株的整个生长发育产生显著效果。综合考虑, 秸秆、树皮堆肥对地上部的生长有显著促进作用, 对地下部微生物环境的调控明显, 能有效控制根结线虫病的发生。还有一种猜想是, 线虫被抑制也许是取决于从堆肥材料中释放出来的杀线虫化合物。例如, 禽粪堆肥过程中产生的氨也许与线虫的抑制有关, 因为禽粪和花卉秸秆堆肥的 C/N 比例(C/N < 20) 足以控制线虫<sup>[15]</sup>。植物材料中的某些物质如单宁或酚类物质也许与线虫抑制有关, 这些成分被视为有机添加物中抑制线虫的关键<sup>[15]</sup>, 它们也许可以干扰卵发育和 J2 期的穿透能力。当然, 根结形成的时间和大小也许在不同类别堆肥之间有差别。目前这些猜想都未得到证实, 有待于进一步研究。

## 5 堆肥使用的前景

目前, 对根结线虫病的防治也有不少方法。太阳能消毒的物理方法通常不能有效地杀灭根结线虫; 而蒸气消毒和微波辐射等物理方法又耗能太高, 且不利于中国农村小型日光温室的田间操作。杀线虫剂在防治中占有重要地位<sup>[16]</sup>, 但其高毒、高残留与环境相容性差的特点, 使得杀线虫剂亟须重新开发。筛选抗根结线虫的抗性品种和抗性砧木是最绿色环保的方法<sup>[17-18]</sup>。但这两种方法成本高, 耗费时间长, 难以大面积推广, 而且有根结线虫病原的土

壤没有得到根本性的改变。在分子方面,已经可以较全面地描述根结线虫的遗传组成,相关研究及可持续发展抗线虫策略也在探讨中<sup>[19-20]</sup>。树皮堆肥具有丰富的有机质,合理的C/N比,优良的理化性质及丰富的微生物种群。同时,施用秸秆堆肥解决秸秆堆积、焚烧问题。此应用不仅解决了作物秸秆有效利用的难题,而且解决了长期过量使用化肥、农药所引起的日益严重的农产品污染问题<sup>[21]</sup>,很适合设施农业的大规模推广。在今后的研究中,可以采用最优设计进行化肥与堆肥的配比试验,筛选出最有利植物生长及根结线虫控制且经济成本低廉的施用方案,以进行生产推广,解决农业废弃物利用问题,变废为宝。

#### 参考文献:

- [1] Jiang Y, Kang M Y, Liu Z, et al. Urban garbage disposal and management in China[J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2003, 15(4): 531-540.
- [2] 赵由才, 柴晓利. 生活垃圾资源化原理与技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002:1-11.
- [3] Wei Y S, Fan Y B, Wang M J, et al. Composting and compost application in China[J]. *Resources Conservation and Recycling*, 2000, 30(4): 277-300.
- [4] Ma K, Wang Z Q, Du Q, et al. Effect of municipal refuse compost to the growth of spring-wheat and the soil[J]. *Agro-environmental Protection*, 2000, 19(5): 312-314.
- [5] Dong L Q, Zhang K Q. Microbial control of plant-parasitic nematodes: a five-party interaction[J]. *Plant Soil*, 2006, 288: 31-45.
- [6] Shao Y H, Fu S L. The diversity and functions of soil nematodes Biodiversity Science[J]. *Biores, Technol*, 2007, 15(2): 116-123.
- [7] 秦公伟, 李文丽, 王富. 番茄根结线虫的危害与防治[J]. *北方园艺*, 2006(2): 132-133.
- [8] 曹志平, 周乐昕, 韩雪梅. 引入小麦秸秆抑制番茄根结线虫病[J]. *生态学报*, 2010, 30(3): 765-773.
- [9] Fu S L, Ferris H, Brown D, et al. Does the positive feedback effect of nematodes on the biomass and activity of their bacteria prey vary with nematode species and population size[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2005, 37: 1979-1987.
- [10] Bakonyi G, Nagy P, Kovacs-Ldng E, et al. Soil nematode community structure as affected by temperature and moisture in a temperate semiarid shrubland[J]. *Applied Soil Ecology*, 2007, 37(1-2): 31-40.
- [11] 韩玉芹, 张伟. 温棚蔬菜根结线虫病发生原因及综合治理对策[J]. *现代农业科技*, 2009(19): 183, 185.
- [12] Wardle D A, Bardgett R D, Klironomos J N, et al. Ecological linkages between aboveground and belowground Biota[J]. *Science*, 2004, 304: 1629-1633.
- [13] Paredes C, Bernal M P, Cegarra J, et al. Biodegradation of olive mill waste water sludge by its co-composting with agricultural wastes[J]. *Biores, Technol*. 2002, 85: 1-8.
- [14] Akhtar M, Malik A. Roles of organic soil amendments and soil organisms in the biological control of plant-parasitic nematodes: a review[J]. *Biores, Technol*, 2000, 74: 35-47.
- [15] Mian I H, Rodriguez K, Abana R. Organic amendments with high tannin and phenolic contents for control of *Meloidogyne arenaria* in infested soil [J]. *Nematologica*, 1982, 12: 221-234.
- [16] 路雪君, 廖晓兰, 成飞雪, 等. 根结线虫的生物防治研究进展[J]. *中国农业科技导报*, 2010, 12(4): 44-48.
- [17] 白春明, 段玉玺, 陈立杰, 等. 番茄品种对南方根结线虫的抗性评价[J]. *中国蔬菜*, 2010(6): 33-37.
- [18] 张慎璞, 梁新安, 杨红丽, 等. 抗根结线虫番茄砧木品种的选育[J]. *中国蔬菜*, 2009(16): 74-77.
- [19] 牛俊海, 卜祥霞, 薛慧, 等. 植物根结线虫基因组学研究进展[J]. *植物病理学报*, 2010, 40(3): 225-234.
- [20] 韩娜, 卓侃, 王彬, 等. 番茄品种Mi基因对根结线虫抗性的检测[J]. *华南农业大学学报*, 2011, 32(1): 19-23.
- [21] 喻景权. “十一五”我国设施蔬菜生产和科技进展及其展望[J]. *中国蔬菜*, 2011(2): 11-23.