

# 农业废弃物堆肥防治番茄根结线虫病的效果评价

高淋淋<sup>1</sup> 黄金玲<sup>2</sup> 陆秀红<sup>2</sup> 张禹<sup>2</sup> 刘志明<sup>1,2</sup>

1.广西大学农学院, 南宁 530005; 2.广西农业科学院植物保护研究所, 南宁 530007

**摘要** 为筛选防治番茄根结线虫病的农业废弃物材料及其合适的施用量, 将6种农业废弃物材料(香蕉茎叶、甘蔗叶、蘑菇渣、水稻秸秆、玉米秸秆、茶麸)进行堆肥化处理, 通过盆栽试验评价其对番茄根结线虫的防治效果。结果表明: 施用茶麸堆肥 200 g/盆和甘蔗叶堆肥 300 g/盆的防治效果最好, 防效均为 80.71%。除蘑菇渣堆肥 3 个施用梯度的防效无显著差异外, 其他堆肥的防效均随施用量的增加而增加。6 种堆肥在不同施用梯度下对番茄的生长均有一定的促进作用, 其中施用水稻秸秆堆肥 200 g/盆的长势最好, 平均株高为 127.44 cm, 平均茎粗围为 3.13 cm, 显著优于对照和其他堆肥处理。

**关键词** 农业废弃物; 堆肥; 根结线虫; 防治效果

**中图分类号** S 436.412 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2016)06-0063-05

根结线虫 (*Meloidogyne* spp.) 病是世界性病害, 其寄主范围广泛<sup>[1]</sup>, 包括大部分农作物, 如: 黄瓜 (*Cucumis sativus* Linn.)、番茄 (*Lycopersicon esculentum* Miller)、茄子 (*Solanum melongena* Linn.)、辣椒等 (*Capsicum annuum* Linn.)。据估计世界范围内每年因根结线虫病害造成近 1 000 亿美元的损失<sup>[2]</sup>。随着保护地蔬菜生产面积的增加, 特别是日光温室大面积推广, 复种指数增加且重茬严重, 导致根结线虫危害日趋严重<sup>[3]</sup>。目前生产上根结线虫的防治以化学防治为主, 但化学药剂的大量使用不仅对环境造成一定的污染, 而且对人们的生命安全也存在潜在的威胁。因此, 需要积极探索新的方法防治根结线虫病害。

堆肥是在微生物作用下通过高温发酵使有机物腐殖化和无害化而变成腐熟肥料的过程<sup>[4]</sup>, 一直以来在农业生产过程中作为肥料使用。Lewis 等<sup>[5]</sup>、Labrie 等<sup>[6]</sup>发现堆肥对土传病害有显著的抑制作用。Marull 等<sup>[7]</sup>、Chen 等<sup>[8]</sup>发现不同的堆肥都有减轻根结线虫数量和虫卵数的作用。国内王博、朱开建等<sup>[9-10]</sup>研究了堆肥茶和花卉秸秆对根结线虫的防治作用, 都证实了堆肥能够使根结数量和线虫虫口密度下降。但目前用于防治根结线虫病的堆肥种类较少, 需要不断探索有防治效果的农业废弃物

材料。

本试验主要收集了几种常见的农业废弃物进行堆肥化处理, 通过盆栽试验, 筛选出防治番茄根结线虫较好的农业废弃物堆肥及其合适的施用量, 以期后续的研究奠定基础。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 试验材料

农业废弃物材料如香蕉茎叶、甘蔗叶、水稻秸秆、玉米秸秆均为收获后的废弃物。蘑菇渣取自广西大学食用菌研究所收菇后的废料。茶麸为市场上购买的油茶籽榨油后的渣饼。供试番茄为‘新明星 2004’, 由广东省东莞市石碣岭南名优蔬菜研究所提供。

### 1.2 试验方法

1) 堆肥的制备。将收集的香蕉茎叶、甘蔗叶、水稻秸秆、玉米秸秆、平菇培养废料、茶麸带回温室并将其粉碎。粉碎的废弃物分别装入 30 kg (高 43 cm, 直径 32 cm) 的塑料桶中一边加入粉碎的废弃物, 一边加水并用木棍搅拌均匀使之充分湿润, 达到用手紧握有少许水分渗出的状态, 然后将废弃物压紧, 最后加双层盖密封, 期间未补充水分和氧分, 常温下进行厌氧发酵, 5 个月后获得堆肥。

收稿日期: 2015-12-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(31460465); 广西科技攻关项目(桂科攻 1598006-5-11); 广西农科院基金项目(桂农科 2015YT43、2014GW10)

高淋淋, 硕士研究生, 研究方向: 植物线虫病害及其防治。E-mail: 15778085855@163.com

通信作者: 刘志明, 研究员, 研究方向: 植物线虫病害及其防治。E-mail: liu0172@126.com

2) 盆栽试验。盆栽试验于广西农业科学院植物保护研究所温室中进行。采用病土接种法接种, 将由广西农科院植保所线虫研究室提供的经鉴定带有南方根结线虫的土壤进行混匀处理, 然后装入高 27 cm、直径 36 cm 的塑料花盆中。不同堆肥按 3 种剂量梯度: 100、200、300 g/盆撒施于已装病土的花盆中, 并将堆肥与病土混匀, 空白对照不施任何发酵物, 共 19 个处理。1 周后将健康长势一致的四叶期番茄苗移栽, 每个处理 4 个重复, 每个重复 3 株。常规管理, 浇水, 地上部适时喷药, 防止其他病虫害干扰。

根结指数 =  $(\sum(\text{各级植株数} \times \text{级数})) \times 100 / (\text{调查总株数} \times 5)$

根结防效 =  $(\text{对照根结指数} - \text{处理根结指数}) / \text{对照根结指数} \times 100\%$

虫口减退率 =  $(\text{处理前虫口数} - \text{处理后虫口数}) / \text{处理前虫口数} \times 100\%$

虫口防效 =  $(\text{处理后虫口减退率} - \text{对照虫口减退率}) / (100\% - \text{对照虫口减退率}) \times 100\%$

### 1.3 数据分析

试验数据采用 Duncan's 新复极差法进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同堆肥对南方根结线虫虫口密度的影响

由表 1 可以看出施用堆肥 35 d 后, 各处理均有

3) 调查内容及统计方法。施肥前用贝曼漏斗法调查初始 2 龄根结线虫虫口密度, 药后 35 d 调查根际周围的虫口密度, 药后 70 d 测量番茄的株高和茎围, 采集根际土壤调查虫口密度, 计算虫口减退率和虫口防效。统一拔出病根, 根据 5 级分级标准<sup>[11]</sup>, 计算各处理的根结指数、根结防效。

分级标准: 0 级, 根系无根结; 1 级, 根系的 1%~5% 有根结; 2 级, 根系的 6%~20% 有根结; 3 级, 根系的 21%~40% 有根结; 4 级, 根系的 41%~70% 有根结; 5 级, 根系的 71% 以上有根结。

较好的防治效果, 虫口减退率显著高于对照。其中施用蘑菇渣堆肥和茶麸堆肥的处理虫口减退率均为 100%。施用香蕉茎叶、甘蔗叶和水稻秸秆堆肥的处理随着施用量的增加, 虫口减退率逐渐增加。而施用玉米秸秆堆肥处理的 3 个梯度的虫口减退率差异不显著。在虫口防效方面, 以施用蘑菇渣堆肥和茶麸堆肥的虫口防效最好, 均为 100%。其次是施用

表 1 不同堆肥对番茄根围根结线虫虫口密度的影响

Table 1 Effects of different composts rhizosphere on tomato root-knot nematode population density

堆肥种类 Composting species	施用量/(g/盆) Application amount	35 d		70 d	
		平均虫口减退率/% Average decrease rate	平均虫口防效/% Average control effect	平均虫口减退率/% Average decrease rate	平均虫口防效/% Average control effect
香蕉茎叶 Banana stems and leaves	100	88.63±1.56ef	74.04±2.63de	78.74±1.56def	60.45±2.44d
	200	87.83±1.41ef	72.21±2.35de	90.42±0.32bc	82.17±0.46bc
	300	96.44±0.22b	91.86±0.34ab	94.52±1.40b	89.81±1.97ab
甘蔗叶 Sugarcane leaves	100	71.96±2.90h	44.60±5.57h	70.51±2.67f	38.09±2.34f
	200	88.03±1.46ef	72.67±2.43de	86.06±1.50cde	74.08±2.21c
	300	91.01±1.30de	79.47±2.09cd	91.30±1.42bc	83.81±2.03bc
平菇培养废料 Mushroom residue	100	100.00±0.00a	100.00±0.00a	74.41±1.17f	52.41±1.90de
	200	100.00±0.00a	100.00±0.00a	77.66±0.32def	58.46±2.07d
	300	100.00±0.00a	100.00±0.00a	72.42±0.86f	48.70±1.42def
水稻秸秆 Rice straw	100	86.35±2.33efg	68.83±3.88ef	47.08±1.18g	3.78±1.54g
	200	93.15±0.77cd	84.36±1.35bc	85.53±0.53cde	73.09±0.78c
	300	95.63±0.85bc	90.01±1.09b	87.12±2.91bcd	81.36±3.48bc
玉米秸秆 Corn stalk	100	84.07±0.70fg	63.62±0.65fg	75.74±5.32ef	54.87±5.75de
	200	82.50±0.37g	60.05±3.65g	69.84±3.47f	43.90±4.32ef
	300	83.69±2.08fg	62.76±1.78g	73.68±2.52f	56.80±2.67de
茶麸 Tea bran	100	100.00±0.00a	100.00±0.00a	89.12±2.29bc	79.76±2.06bc
	200	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	300	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
对照 CK	/	56.21±4.24i	/	46.23±6.23g	/

注: 表中数据为平均值±标准误, 数据后不同小写字母表示经 Duncan's 新复极差法检测, 不同堆肥处理间差异显著 ( $P < 0.05$ ), 下同。Note: Data in the table is mean±SD, means followed by the different letters are significantly different at 0.05 level by Duncan's new multiple range method test, the same as following tables.

香蕉茎叶堆肥 300 g/盆和水稻秸秆堆肥 300 g/盆, 虫口防效分别达到 91.86% 和 90.01%。施用香蕉茎叶、甘蔗叶和水稻秸秆堆肥的处理, 虫口防效随着施用量的增加而增加。而施用玉米秸秆堆肥的 3 个处理虫口防效分别为 63.62%、60.05%、62.76%, 相对其他堆肥处理的效果较差, 且 3 个处理间差异不显著。

施用茶麸堆肥 200 g/盆和 300 g/盆的处理 70 d 后的虫口减退率和虫口防效仍保持 100% (表 1)。而蘑菇渣堆肥和玉米秸秆堆肥 3 个梯度的虫口减退率较 35 d 有所下降, 且 3 个梯度间差异不显著。施用香蕉茎叶、甘蔗叶、水稻秸秆和茶麸堆肥 100 g/盆的处理相对 35 d 的虫口减退率稍有下降, 但随着施用量的增加虫口减退率逐渐增加。70 d 后, 施用茶麸堆肥 200 g/盆和 300 g/盆的虫口防效最好, 均为 100%。其次是施用香蕉茎叶堆肥 300 g/盆, 虫口防效为 89.81%。施用香蕉茎叶堆肥 200 g/盆、甘蔗叶

和水稻秸秆堆肥 300 g/盆的处理, 虫口防效分别为 82.17%、83.81%、81.36%。除蘑菇渣和玉米秸秆堆肥各施用量的虫口防效差异不显著, 其他堆肥随着施用量的增加, 虫口防效逐渐增加。

## 2.2 不同堆肥对根结的防效及对番茄生长的影响

由表 2 可以看出, 各处理的根结指数均低于对照, 表明堆肥对番茄根结线虫病均有一定的防治作用。其中施用甘蔗叶堆肥 300 g/盆和茶麸堆肥 200 g/盆的防治效果最好, 平均根结防效均为 80.71%。施用香蕉茎叶堆肥 300 g/盆, 施用蘑菇渣堆肥 100、200、300 g/盆, 施用水稻秸秆堆肥 300 g/盆, 施用玉米秸秆堆肥 300 g/盆, 平均根结防效均为 74.29%, 其中施用蘑菇渣的 3 个处理间无显著差异。除蘑菇渣堆肥和茶麸堆肥 3 种施肥梯度下根结防效差异不大, 其他堆肥的根结防效随着施用量的增加而增加。

表 2 不同堆肥对根结线虫的防效及对番茄生长的影响

Table 2 Control effects of different composts on tomato growth and root knot disease

堆肥种类 Composting species	施用量/(g/盆) Application amount	平均株高/cm Average plant height	平均茎围/cm Average stem circumference	根结指数 Root-knot index	平均根结防效/% Average control effect
香蕉茎叶 Banana stems and leaves	100	55.42±2.76efg	2.91±0.03abc	34.44±2.94cd	64.29±3.14bc
	200	69.92±6.56bcdef	2.98±0.16abc	26.67±6.67de	65.71±5.12bc
	300	77.00±7.67bcd	3.03±0.16ab	20.00±0.00ef	74.29±0.00ab
甘蔗叶 Sugarcane leaves	100	74.06±10.25bcdef	2.83±0.10abcd	42.50±3.7bc	48.57±2.85d
	200	88.46±5.41b	2.93±0.18abc	27.78±4.01de	64.29±3.14bc
	300	86.33±1.45bc	2.81±0.19abcd	15.00±2.89f	80.71±2.73a
平菇培养废料 Mushroom residue	100	78.21±7.59bcd	2.35±0.53cde	20.00±0.00ef	74.29±0.00ab
	200	64.22±3.58defg	2.37±0.24bcde	20.00±0.00ef	74.29±0.00ab
	300	78.25±3.97bcd	2.36±0.36cde	20.00±0.00ef	74.29±0.00ab
水稻秸秆 Rice straw	100	78.11±10.71bcd	2.89±0.18abcd	51.67±5.00b	33.57±3.93e
	200	127.44±1.93a	3.13±0.12a	24.44±4.44def	68.57±5.71abc
	300	74.78±1.79bcde	2.94±0.12abc	16.67±3.33ef	74.29±0.00ab
玉米秸秆 Corn stalk	100	78.22±8.25bcd	1.99±0.17ef	33.33±3.85cd	57.14±4.95cd
	200	74.78±5.22bcde	2.24±0.49def	24.44±4.44def	68.57±2.88abc
	300	76.33±2.60bcd	2.14±0.15ef	20.00±0.00ef	74.29±0.00ab
茶麸 Tea bran	100	66.75±3.51cdef	2.51±0.19abcde	20.00±0.00ef	74.29±0.00ab
	200	62.75±3.65defg	1.67±0.14f	15.00±3.19f	80.71±3.19a
	300	58.75±6.78defg	1.98±0.15ef	21.67±4.19ef	72.14±3.41ab
对照 CK	/	46.56±3.62g	1.68±0.20f	77.78±2.22a	/

## 3 讨论

研究表明, 施用茶麸堆肥和甘蔗叶堆肥可以有效控制番茄根结线虫的危害。之前有关于利用茶麸防治茶树根结线虫病的报道<sup>[12]</sup>, 发现茶麸具有杀线虫作用, 尤其对杀灭根结线虫具有特效。本试验

发现茶麸堆肥对于防治番茄根结线虫病害也有显著的效果, 3 种施用量下根结防效均在 70% 以上, 最高达到 80.71%。在虫口防效方面, 施用茶麸堆肥 35 d 的虫口防效均为 100%, 70 d 的虫口防效分别为 79.76%、100%、100%。施用茶麸堆肥 100 g/盆的处理 70 d 虫口防效下降, 可能是由于施用量较少,

后期对根结虫口的抑制作用降低,而施用量为 200 g/盆和 300 g/盆的虫口防效的持久性较好。蘑菇渣本身携带着大量的微生物,房华等<sup>[13]</sup>用茶树菇菌渣防治根结线虫病害,并得到较好的防治效果,15 d 后的根结防效仍能达到 66.07%。本试验在此基础上将蘑菇渣进行堆肥化处理,利用发酵的蘑菇渣堆肥防治根结线虫病害。蘑菇渣堆肥 3 个处理 35 d 的虫口防效均为 100%,70 d 有所下降,但 70 d 的根结防效较好,均为 74.29%。推测可能是 35 d 采样时刚好处于根结线虫的孵化期,产生了大量根结线虫造成了虫口防效较差。也可能是蘑菇渣堆肥虽不能杀死根结 2 龄幼虫,但可以大大降低根结线虫的侵染能力,因此表现出虫口防效较差但根结防效却很好的情况。

香蕉茎叶、甘蔗叶、水稻秸秆和玉米秸秆是生产上比较常见的农业废弃物材料,但目前还没有人研究这 4 种废弃物是否具有防治根结线虫病的作用。本试验结果发现施用香蕉茎叶堆肥、甘蔗叶堆肥 200 g/盆和 300 g/盆的处理 35 d 的虫口防效均在 70%以上,且 70 d 后虫口防效较 35 d 有所增加,推测这 2 种堆肥可以在较长时间内发挥防效。而水稻秸秆堆肥和玉米秸秆堆肥虽然在 35 d 有较好的虫口防效,但 70 d 后虫口防效下降,说明其前期效果好,但持久性较差。以上 4 种堆肥的根结防效随施用量的增加而增加。其中施用甘蔗叶堆肥 300 g/盆的根结防效最好,为 80.71%,其他 3 种堆肥施用 300 g/盆的根结防效均在 70%以上且相互间无显著差异。

在堆肥施用量方面,施用蘑菇渣堆肥的 3 个处理,虫口防效和根结防效无显著差异。由此可见蘑菇渣堆肥的防效与施肥量无显著相关性,这与房华等<sup>[13]</sup>研究的根结线虫防治效果与茶树菇菌渣的施用量没有显著相关性的结论一致。施用茶麸堆肥 100、200 和 300 g/盆的根结防效分别为 74.29%、80.71% 和 72.14%。这与陈健平等<sup>[14]</sup>研究的防效随着用量的增加而呈递增态势的结果不一致,可能是我们的施用量基数与陈健平等<sup>[14]</sup>的施用量基数差异较大所致。施用香蕉茎叶、甘蔗叶和水稻秸秆、玉米秸秆堆肥的处理,在一定范围内根结防效随着施肥量的增加而增加。说明这些堆肥需要相对较大的施用量才能达到防治番茄根结线虫病的作用。

与对照相比,施用堆肥对番茄的生长有一定的肥效。其中施用水稻秸秆堆肥 200 g/盆的肥效最

好,平均株高为 127.44 cm,平均茎粗围为 3.13 cm。而茶麸堆肥的肥效最差,这与陈健平等<sup>[14]</sup>研究的茶麸促进西瓜健壮生长的结论不一致。推测可能茶麸堆肥没完全腐熟,其中含有某些抑制植物生长的物质。生产上可以延长茶麸的发酵时间或通过改良茶麸的施用方式使其在防治根结线虫的同时促进植物生长。

堆肥能有效减少根结线虫病害可能是由于堆肥本身携带有食线虫的真菌或杀虫物质,也可能是施用堆肥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,达到土传病害“无药可治,施肥可防”的目的<sup>[15]</sup>。也有可能是因为堆肥为植物生长提供了充足的养分,增强了植物的抗性从而减少了根结线虫病的发生。有关堆肥防治根结线虫的机理还有待于继续研究。

## 参 考 文 献

- [1] SAHEBANI N, HADAVI N. Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum* [J]. *Soil biology and biochemistry*, 2008, 40(8): 2016-2020.
- [2] BIRD D M, KOLTAI H. Plant parasitic nematodes: habitats, hormones, and horizontally acquired genes [J]. *Journal of plant growth regulation*, 2000, 19(2): 183-194.
- [3] 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.
- [4] 李国学, 李玉春, 李彦富. 固体废物堆肥化及堆肥添加剂研究进展 [J]. *农业环境科学学报*, 2003, 22(2): 252-256.
- [5] LEWIS J A, LUMSDEN R D, MILLNER P D, et al. Suppression of damping-off of peas and cotton in the field with composted sewage sludge [J]. *Crop protection*, 1992, 11(3): 260-266.
- [6] LABRIE C, LECLERC P, COTE N, et al. Effect of chitin waste-based composts produced by two-phase composting on two oomycete plant pathogens [J]. *Plant and soil*, 2001, 235(1): 27-34.
- [7] MARULL J, PINOCHET J, RODRIGUEZ-KABANA R. Agricultural and municipal compost residues for control of root-knot nematodes in tomato and pepper [J]. *Compost science and utilization*, 1997, 5(1): 6-15.
- [8] CHEN J, ABAWIG S, ZUCKENMAN B M. Efficacy of *Bacillus thuringiensis*, *Paecilomyces marquandii* and *Streptomyces costaricanus* with and without organic amendments against *Meloidogyne hapla* infecting lettuce [J]. *Journal of nematology*, 2000, 32(1): 70-77.
- [9] 王博. 农业废弃物堆肥对根结线虫的抑制作用 [J]. *环境科学动态*, 2005(1): 12-14.
- [10] 朱开建, 王博, 方文珍, 等. 堆肥浸提物和堆肥茶抑制爪哇根结线虫的盆栽试验 [J]. *长江大学学报(自然版)*, 2006, 3(1): 116-118.



- [11] EISENBACK J D, HIRSCHMANN H, TRIANTAPHYLLOU A C. Morphological comparison of *Meloidogyne* female head structures, perineal patterns and stylets[J]. *Journal of nematology*, 1980, 12(4): 300-313
- [12] 陈卡宾. 茶麸防治茶树根结线虫病[J]. *四川农业科技*, 2007(2): 49.
- [13] 房华, 廖金铃, 吴庆丽, 等. 茶树菇菌渣对番茄根结线虫病防治的初步研究[J]. *莱阳农学院学报*, 2004, 21(2): 182-184.
- [14] 陈健平, 陈垂瑜. 茶麸防治西瓜根结线虫病试验初报[J]. *广东农业科学*, 2007(6): 49-50.
- [15] 孔维栋, 刘可星, 廖宗文. 有机物料种类及腐熟水平对土壤微生物群落的影响[J]. *应用生态学报*, 2004, 15(3): 487-492.

## Evaluation of agricultural waste composting control of tomato root-knot nematode disease

GAO Linlin<sup>1</sup> HUANG Jinling<sup>2</sup> LU Xiuhong<sup>2</sup> ZHANG Yu<sup>2</sup> LIU Zhiming<sup>1, 2</sup>

1. *Agricultural College of Guangxi University, Nanning 530005, China*;

2. *Institute of Plant Protection Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, China*

**Abstract** In order to screen out the appropriate agricultural wastes and their application amount, which could prevent root knot nematode, six kinds of agricultural wastes including banana stems and leaves, sugarcane leaves, mushroom residue, rice straw, corn stalk and tea bran were composted and the control effect of these wastes on tomato root knot nematode were evaluated by pot experiment. The results showed that application of tea bran compost of 200 g per pot and sugarcane leaves compost of 300 g per pot had the best control effect, which prevented 80.71% root-knot nematode. The control effect of other composts increased with the increase of their application amount, except that the control effect of mushroom compost of three application amounts had no significant difference. Six kinds of composts of different application amounts all had a certain positive effect on promoting the growth of tomatoes, among which the application of rice straw compost of 200 g per pot had the best growth effect, with an average plant height of 127.44 cm and average stem diameter circumference of 3.13 cm, which were significantly better than the contrast and other compost treatments. The results of the present study could lay a foundation for the control of root knot nematode with rational utilization of agricultural wastes.

**Keywords** agricultural waste; compost; root-knot nematode; affection of prevention and control

(责任编辑:边书京)