

生物有机肥对西葫芦生长及根结线虫防效的影响

路平 董海龙 徐玉梅 王建明*

(山西农业大学 农学院,山西 太谷 030801)

摘 要 为测定生物有机肥在田间对西葫芦生长影响及根结线虫防治效果,使用由不同菌株发酵的生物有机肥处理西葫芦及根结线虫发生严重的区域,结果表明:与对照相比,使用生物有机肥后,首先可显著提高植株茎粗、叶绿素含量、地上及地下生物量;其次可显著降低土壤中根结线虫二龄幼虫密度、根结指数和单株根系虫卵数,明显减轻根结线虫田间发病率,最高防效可达 63.00%;同时还可显著提高土壤中自由线虫数量。因此,使用生物有机肥能显著提高西葫芦植株生物量,有效防治根结线虫的田间危害。

关键词 根结线虫;荧光假单胞菌;生物有机肥

中图分类号 S 652.062; S 433

文章编号 1007-4333(2016)10-0059-06

文献标志码 A

Effects of bio-organic fertilizer on zucchini growth and control of root-knot nematode

LU Ping, DONG Hai-long, XU Yu-mei, WANG Jian-ming*

(College of Agriculture, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China)

Abstract To study the effect of bio-organic fertilizer(BOF) on the growth of zucchini and control of zucchini disease caused by root-knot nematode (RKN) in field,experiments were conducted by applying the BOF fermented by different strains in the fields of healthy zucchini and seriously diseased seriously zucchini by RKN. The results showed that: Compared with the control, the diameter of plant stem, chlorophyll content, shoot and root weight were obviously increased after application of BOF; The population of the second-stage juveniles RKN, gall index, number of eggs per plant and incidence of RKN in field were significantly reduced with the maximum control efficiency of 63.00%; The number of freedom nematodes in soil were tremendously increased. In conclusion, application of BOF promoted the growth of zucchini and effectively prevented the damage caused by RKN in field.

Keywords root-knot nematode; *Pseudomonas fluorescens*; bio-organic fertilizer

根结线虫是世界范围内最具有破坏性的病原体之一,每年全球因根结线虫造成各种农作物损失可达 1 000 亿美元^[1]。根结线虫能够专性寄生 2 000 多种植物,包括单子叶植物、草本植物和木本植物等^[2]。根结线虫的二龄幼虫(J2)能够分泌如纤维素酶和果胶酶等消化酶,在穿刺植物根组织时起到辅助作用^[3]。J2 进入植物根部组织后,其分泌物使根部组织细胞肥大,致使根组织无法正常吸收水分及养料,致使植物萎蔫甚至死亡。

目前利用化学药剂是防治根结线虫的主要手段,最广泛使用的化学杀线虫剂有硫线磷、克百威、灭克磷、苯线磷和杀线威等有机磷或氨基甲酸酯类农药^[4]。此类农药通过抑制乙酰胆碱酯酶途径控制根结线虫^[5]。然而化学防治对环境及人类的健康都造成了巨大的负面影响。因此,根结线虫的防治需要一种有效、环保、快速、安全的新方法^[6]。其中生物防治是可以达到上述目的的一个重要的途径和方法。近年来,生物防治在土传病害的防治方面已经

收稿日期:2015-12-11

基金项目:山西省科技攻关项目(20120311019-3)

第一作者:路平,硕士研究生,E-mail:343129339@qq.com

通讯作者:王建明,教授,主要从事植物病原及分子病理研究,E-mail:jm.w@163.com

得到良好的效果^[7],是防治根结线虫方面最重要和密集的研究领域之一。

利用拮抗微生物来防治根结线虫的研究越来越受到人们的重视^[8]。目前已发现不同类型的生物对根结线虫都有较好的防治效果,包括真菌、细菌、病毒、线虫、昆虫、螨和一部分无脊椎动物^[9],其中防治根结线虫的拮抗细菌已被证明是最具有应用前景的一类重要生防微生物^[10]。在已报道的防治根结线虫的拮抗细菌中根际细菌占到绝大多数,如铜绿假单胞菌(*Pseudomonas aeruginosa*)^[11]和部分假单胞菌(*Pseudomonas aeruginosa* spp.)^[12]对根结线虫都表现出良好的防治效果。除了大部分根际细菌外,部分产酸菌^[13]、酵母菌(*Saccharomyces cerevisiae*)^[14]等也均被证实对根结线虫有一定的防效。在根结线虫发生严重的热带国家已经研究出多种能够有效控制根结线虫、更加节省成本的方法,如有机肥、生物制剂等^[15]。但是,由于大多数微生物因为各种因素在田间根际土壤中的繁殖效果并不能达到预期的效果,而且使用进口的生物制剂会因当地的气候、土壤条件及当地作物等原因导致防治效果往往不能达到预期目标,同时防治费用也比较高,难以大面积推广。目前,有关适合我国根结线虫荧光假单胞菌生防菌株的研究未见详细报道。因此,分离适合本地的根结线虫生防细菌菌株,研制适合本地使用的生物有机肥是十分必要的^[9]。

本研究利用本课题组分离的一株对根结线虫具有良好生防效应的荧光假单胞菌与有机肥、多种产酸菌和酵母菌混合发酵制成固体生物有机肥,并将其应用于西葫芦(*Cucurbita pepo* L.)根结线虫的防治试验中,以明确其对植株生长和根结线虫生防效果,旨在为寻找有效防治根结线虫的途径和开发研制新型根结线虫生物有机肥提供理论基础和科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

采用的生物有机肥(Bio-organic fertilizer,简称BOF)是由不同生防细菌发酵菌液和有机肥(Organic fertilizer,简称OF)按一定比例配制发酵而成的。OF成分为牛粪40%、羊粪40%、麸皮10%和秸秆10%。发酵和配置方法为将已发酵完成的细菌发酵菌液与有机肥按照0.15 mL/g的比例进行混合,装入49 cm×82 cm灭菌发酵袋中恒温

30℃无水厌氧发酵7 d。

试验所用生物有机肥有2种,即BOF1和BOF2。BOF1有机肥由根结线虫生防细菌荧光假单胞菌(*Pseudomonas fluorescens*)发酵菌液与OF发酵制成。制作方法为:在NA液体培养基中按3%接种量接种荧光假单胞菌,放入摇床,在30℃、180 r/min条件下培养20 h;然后将荧光假单胞菌发酵菌液与OF按照0.15 mL/g比例混合均匀,装入49 cm×82 cm灭菌发酵袋中,去除空气后封口,恒温培养箱中30℃无水厌氧发酵7 d。BOF2混合菌由有机肥由荧光假单胞菌、乳酸菌(*Lactobacillus*)、双歧杆菌(*Bifidobacterium longum*)、嗜热链球菌(*Streptococcus thermophilus*)和酵母菌(*Issatchenkia orientalis*)发酵菌液等比例混合与OF发酵制成。制作方法为:荧光假单胞菌发酵条件同BOF1;乳酸菌、双歧杆菌、嗜热链球菌,5%接种量,分别接种于MRS液体培养基中,恒温培养箱30℃培养24 h;酵母菌,3%接种量,接入YEPD液体培养基中,摇床30℃、180 r/min培养24 h;然后将荧光假单胞菌、乳酸菌、双歧杆菌、嗜热链球菌、酵母菌发酵菌液等比例混合,将混合发酵菌液与30%葡萄糖溶液按照3:7的体积比混合后置入恒温培养箱中发酵20 h;最后将混合发酵菌液与OF按照0.15 mL/g的比例混合均匀,装入49 cm×82 cm灭菌发酵袋中,去除空气后封口,恒温培养箱中30℃无水厌氧发酵7 d。2种有机肥除发酵菌不同外其他含量基本一致。

试验所用的荧光假单胞菌为本实验室于2014年4月于根结线虫发病土壤中分离所获得1株生防细菌。经菌落形态、生理生化特性及16S rDNA分子鉴定为荧光假单胞菌。该菌在NA固体培养基上菌落呈黄色圆形、周边整齐、表面隆起,革兰氏染色为阴性、无芽孢、有1~2条单极生鞭毛。细菌菌体短杆状,菌体大小为1.7~4.1 μm×0.5~0.9 μm。菌种保存在山西农业大学植物病理学系。

1.2 试验方法

1.2.1 生物有机肥对西葫芦生长发育的影响

在山西省晋中市太谷现代农业示范园无根结线虫的日光温室大棚内进行,排除根结线虫的影响,测定生物有机肥对西葫芦(*Cucurbita pepo* L.)生长的影响。试验设BOF2处理和不施肥对照处理CK。处理和对照每个小区种植2行,每行15株,重复3次。BOF2处理方法为移栽西葫芦幼苗时,在根部

挖掘弧形小坑约 5 cm 深, 将有机肥施入后再将土壤回填, 每株施有机肥 100 g。时间为 2014 年 9 月 26 日—12 月 4 日。

1.2.2 生物有机肥对根结线虫的防治效果。

试验在山西省晋中市象谷村根结线虫发生严重的日光温室大棚内进行, 测定生物有机肥对根结线虫的防效。设 3 个处理和 1 个对照。3 个处理为 OF、BOF1 和 BOF2 处理。各处理的施用方法为移栽西葫芦幼苗时, 在根部挖掘弧形小坑约 5 cm 深, 将有机肥施入后再将土壤回填, 每株施有机肥 100 g。试验时间为 2015 年 1 月 5 日—5 月 5 日。

1.3 数据测定

1.3.1 对植株农艺性状的测定

对经生物有机肥处理的植株, 定期进行株高、茎粗和叶绿素含量的随机抽样测定, 重复 9 次。株高和茎粗的测定参照王振^[16]进行。叶绿素含量测定参照徐芬芬等^[17]方法进行。植株生物量的测定在植株拔除时进行, 分别计算植株的地上部鲜重与干重和地下部鲜重与干重。

1.3.2 对根结线虫防效的测定

植株经过生物有机肥处理后, 每隔约 30 d 对土壤中根结线虫二龄幼虫及非根结线虫二龄幼虫数量进行统计, 重复 3 次。植株拔除时计测不同处理根部根结指数, 重复 9 次, 单株根系虫卵数, 重复 3 次, 以平均根结指数作为病情严重程度, 计算相对防效。

相对防效(%)=(对照区平均根结指数—
处理区平均根结指数)/对照区根结指数×100

1) 二龄幼虫密度采集、测量方法

土壤采集: 在植株根部周围半径 10 cm 处 5 处采集, 去除土表 5 cm 土层, 采集各处理土壤约 500 g, 将 5 份土样混匀后装入塑封袋。二龄幼虫密度测量: 准确称取不同处理的土壤 200 g 于垫有双层面巾纸的筛盆中, 将筛盆置于漠过土层的装水托盘中, 静置 48 h 后, 将线虫悬浮液通过 900 目筛子, 过滤至约 50 mL, 收集筛盆中的滤液, 不足 50 mL 者蒸馏水补足。吸取 2 mL 线虫悬浮液至计数皿中, 体视镜下统计根结线虫二龄幼虫与非根结线虫二龄幼虫, 重复 3 次。另取各处理土壤 100 g, 高温烘干至恒重, 计算干湿重比例, 将线虫数量换算为每 g 干土中所含线虫 2 龄幼虫数量。

2) 单株根系所含虫卵数测定方法

参考 Siddiqui 方法^[18], 摘取植株根部, 带回实验室。将根结组织上的泥土、卵囊等冲洗干净, 剪成

4 mm 的小段, 将根系破碎, 过 160 和 500 目筛子, 收集 500 目筛子的滤渣, 定容至 50 mL, 吸取 2 mL 统计虫卵数, 重复 3 次。

3) 植株根结指数测定

分级标准参考文延刚等方法^[19], 具体分级标准如下:

0 级, 健康无病(根系上无根结);

1 级, 1%~20%根系上有根结, 但根结相互不连接;

2 级, 21%~40%的根系上有根结, 仅少量根结相互连接;

3 级, 41%~60%的根系上有根结, 半数以下根结相互连接;

4 级, 61%~80%的根系上有根结, 半数以上根结相互连接, 部分主、侧根变粗呈畸形;

5 级, 80%以上的根系上有根结, 且相互连接, 多数主、侧根呈畸形。

1.4 数据处理

试验数据通过 Excel 2003 和 DPS 软件进行分析及作图。

2 结果与分析

2.1 生物有机肥处理对西葫芦农艺性状的影响

试验结果如图 1 所示。由图 1(a)可知, BOF2 处理 15、30、45、60 和 100 d 后的株高分别为 6.87、14.96、20.80、38.53 和 62.95 cm, CK 的株高分别为 7.21、14.80、21.95、40.20 和 74.83 cm。经过 BOF2 处理后植株株高与 CK 相比没有显著性差异($P < 0.05$)。

由图 1(b)可知, 植株经过 BOF2 处理后的茎粗与 CK 相比有显著性差异($P < 0.05$), BOF2 处理 15、30、45、60 和 100 d 后的茎粗分别比 CK 增加了 21.49%、18.98%、18.41%、19.88% 和 31.40%。

由图 1(c)可知, 经过 BOF2 处理后的植株叶片叶绿素含量与 CK 处理植株叶片的叶绿素含量相比有显著性差异($P < 0.05$), BOF2 处理 15、30、45、60 和 100 d 后的叶绿素含量分别比 CK 提高了 15.18%、5.52%、9.94%、18.05% 和 42.80%。

由表 1 可知, BOF2 处理后, 西葫芦植株地上、地下部分无论是鲜重还是干重都明显要高于 CK, 具显著差异。BOF2 处理后的西葫芦植株地上鲜重比 CK 高 119.25%, 地上干重比 CK 高 62.94%; 地下鲜重比 CK 高 67.31%, 地下干重比 CK 高 107.78%。

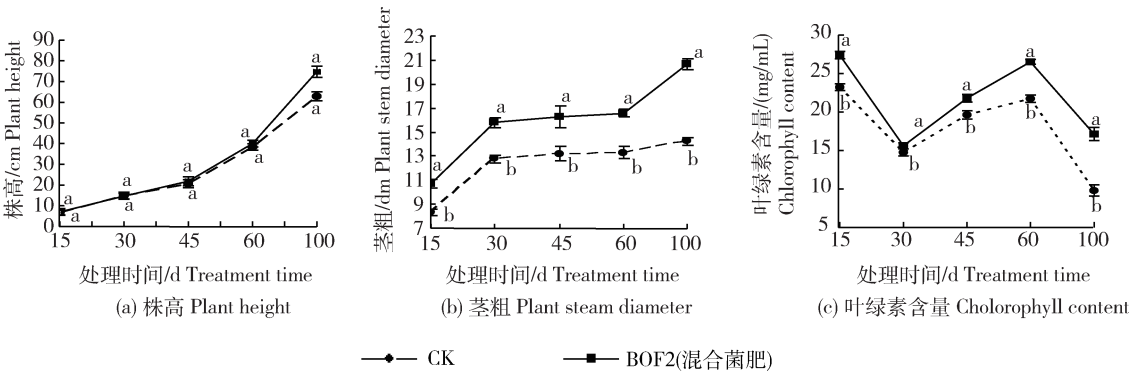


图1 BOF2处理对植株农艺性状的影响
Fig.1 Effect of BOF2 on plant agronomic traits

每列数字旁标明相同字母表示在 0.05 水平上无显著性差异(Tukey Test)。下表、图同。
Values followed by the same letters in each column are not significantly different at 0.05 level from each other according to Tukey Test. The same as in following figures.

表 1 不同处理对植株生物量的影响

Table 1 Effects of different treatments on plant biomass

处理 Treatment	地上部 Shoot		地下部 Root	
	鲜重	干重	鲜重	干重
	Fresh wt.	Dry wt.	Fresh wt.	Dry wt.
BOF2	1 518.67±289.66 b	169.41±12.31 b	14.79±0.74 b	1.87±0.07 b
CK	692.67±139.26 a	103.97±2.42 a	8.84±0.26 a	0.90±0.10 a

2.2 生物有机肥对土壤中 J2 数量的影响

2.2.1 生物有机肥对根结线虫 J2 数量的影响

由图 2(a)可知,经过不同生物有机肥的处理都能够明显降低土壤中根结线虫 J2 的数量。经不同处理后,前 60 d 无明显变化,在 90 d 时,CK 和 OF 的土壤中根结线虫 J2 数量迅速上升,明显高于 BOF1 和 BOF2 处理,而 OF 处理和 CK 无明显差异。在 90、

120 和 150 d 时,BOF1 比 CK 的 J2 数量下降率分别为 74.70%、81.68%和 84.63%;BOF2 比 CK 的 J2 数量下降率分别为 61.45%、88.17%和 91.72%。

2.2.2 生物有机肥对其他线虫 J2 数量的影响

由图 2(b)可知,不同处理均能够明显提升土壤中其他线虫的数量。OF、BOF1 和 BOF2 处理后土壤中其他线虫数量均明显高于 CK,其中 BOF2 从

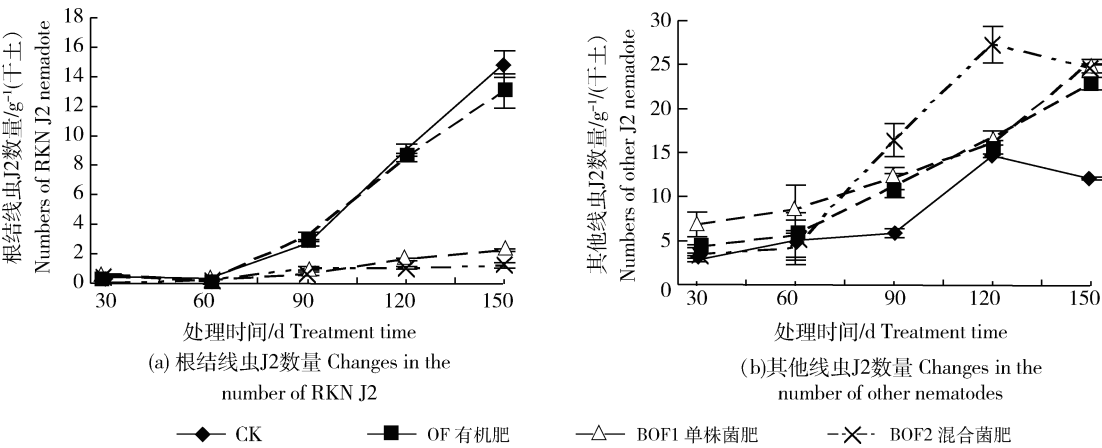


图2 线虫 J2 数量变化
Fig.2 Changes in the number of J2

60 d 时线虫数量迅速上升,120 d 时达到最大,明显高于其它处理,与其他处理有显著差异;150 d 时,OF、BOF1 和 BOF2 处理相对于 CK 土壤中其他线虫数量分别增加了 88.31%、108.66%和 102.59%。

2.3 生物有机肥对根结线虫的防效

结果如表 2 所示。从表 2 中可以看出,OF 效

果略好于 CK,但无显著性差异,相对防效仅为 8.60%。BOF1 和 BOF2,与 CK 均有显著性差异。其中 BOF2 的效果最为显著,与 CK 相比,根结线虫 J2 数量下降了 91.74%,其他线虫数量上升了 102.62%,根结指数下降了 63.00%,单株根系虫卵数下降了 91.22%,相对防效达 63.00%。

表 2 生物有机肥对线虫数量及防效的影响
Table 2 Effects of BOF on the number of nematode and control efficiency

处理 Treatment	根结线虫 J2 数/g ⁻¹ (干土) RKN J2 numbers	其他线虫数/g ⁻¹ (干土) Other nematode numbers	根结指数 Gall index	单株根系虫卵数 Eggs per root	相对防效 Control effect
OF	13.06±1.17a	22.98±0.68 b	4.57±0.20 a	177.42±9.16 a	8.60%
BOF1	2.28±0.09 b	25.46±0.31 a	3.14±0.34 b	54.42±3.24 b	37.20%
BOF2	1.23±0.19 b	24.72±0.52 ab	1.85±0.26 c	17.71±1.59 c	63.00%
CK	14.90±0.90 a	12.20±0.15 c	5.00±0.12 a	201.71±7.70 a	—

注:表中根结线虫数与其他线虫数为处理后 150 d 时测量结果。
Note:The dates in table were the quantity of root knot and other nematodes 150 d after treatment.

3 讨 论

试验结果表明,施用生物有机肥可提高植株的部分农艺性状,有效减少土壤中根结线虫 J2 数量,减少 J2 寄生根结率,从而减少单株虫卵数,对根结线虫有较好的防效。

将根结线虫拮抗菌与各种基质或有机料相结合防治根结线虫的试验在国内外已经有较多报道,例如 Siddiqui^[20] 和 Zaki^[21] 利用荧光假单胞菌(*P. fluorescens*)、褐球固氮菌(*A. chroococcum*)、巴西固氮螺旋菌(*A. brasilense*) 3 种菌种与有机肥混合制成生物有机肥防治根结线虫,极大的降低了土壤中根结线虫 J2 的虫口数量,最大可降低 79.5%。Zaki 等^[21] 将 2 种荧光假单胞菌 *P. fluorescens*, viz. GRP3 和 PRS9 与有机肥、无机肥相结合来防治番茄根结线虫,不但能够有效的防治根结线虫,还能明显提高番茄的地上、地下生物量。陈芳等^[22] 将芽孢杆菌 X5 (*Bacillus* sp. X5)与硫基复合肥混合制成生物有机肥用于防治甜瓜根结线虫,最高防效可达 81.1%。本试验在西葫芦的试验结果与前人研究结果一致。

试验发现加入荧光假单胞菌、产酸菌和酵母菌的生物有机肥对植株的生物量具有明显的提高作

用,除株高外,植株的茎粗、叶绿素含量、地上部、地下部的干鲜重均有显著性提高,这与 Zaki 等^[20-21]、陈芳等^[22] 的结论一致。试验发现,未添加生防细菌的 OF 对根结线虫亦有一定的抑制效果,但防效较低,仅为 8.60%,除其它线虫数量明显高于 CK 外,根结线虫 J2 数量、根结指数和单株虫卵数都与 CK 相差无几。添加了荧光假单胞菌的 BOF1 有较好的防治效果,相对防效为 37.20%,根结线虫 J2 数量、根结指数和单株虫卵数都要显著低于 CK 及 OF,而其他线虫数则显著高于 CK,略高于 OF。添加了荧光假单胞菌、产酸菌及酵母菌的 BOF2 效果最好,相对防效达到 63.00%。由此可见,将多种根结线虫生防细菌混合使用防治效果更佳,可互补单种生防细菌防治的单一性。试验发现 OF 和添加过 OF 的有机肥处理均能显著提高土壤中其他线虫数量,其中 BOF1 最高,说明 OF 能促进其它非寄生性线虫的数量增长,同时荧光假单胞菌可能在一定程度上也可促进其他线虫的数量增长,而 BOF2 处理的其他线虫数在 60~120 d 时有较大幅度增长,说明产酸菌或酵母菌在一定时期对其他线虫亦有较大促进作用。而自由线虫在土壤中有着十分重要的作用,自由线虫数量的增加不但能够分解有机物,还能使养分循环,增加土壤肥力,改善土壤质量^[23]。

传统的化学防治方法具有高毒性,不但危害环境及人体,还会破坏土壤结构及微生物群落。生物有机肥相较于其他防治方法有较多优点,其中含有的各种基质,养分能够提供植株生长要素,能够有效提升植株生物量,改善土壤结构。而且其中的各种动物粪便也对根结线虫有一定的抑制效果^[20]。因此,研制以有机肥为基质的生物有机肥在防治根结线虫方面具有广阔的前景。

参 考 文 献

- [1] Oka Y, Koltai H, Bar E M, Mor M, Sharon E, Chet I, Spiegel E. New strategies for the control of plant-parasitic nematodes [J]. *Pest Management Science*, 2000, 56(11): 983-988
- [2] Hussey R S. *Host-parasite Relationships and Associated Physiological Changes* [M]. North Carolina: North Carolina State University Graphics, 1985
- [3] Bird A F. Plant response to root-knot nematodes [J]. *Annual Review of Phytopathology*, 2003(2): 69-85
- [4] Rich J R, Dunn R A, Noling J W. *Nematicides: Past and Present Uses* [M]. Wallingford: CABI International, 2004
- [5] Opperman C H, Chang S. Plant-parasitic nematode acetylcholinesterase inhibition by carbamate and organophosphate nematicides [J]. *Journal of Nematology*, 1990, 22(4): 481-488
- [6] Noling J W, Becker J O. The challenge of research and extension to define and implement alternatives to methyl bromide [J]. *Journal of Nematology*, 1994, 26(4): 573-586
- [7] Kirkegaard J A, Sarwar M, Matthiessen, J N. *Assessing the Biofumigation Potential of Crucifers* [M]. French: International Society for Horticultural Science, 1998
- [8] Hallman J, Davies K G, Sikora R. *Biological Control Using Microbial Pathogens, Endophytes and Antagonists* [M]. Wallingford: CAB International, 2009
- [9] Stirling G R. *Biological Control of Plant Parasitic Nematodes* [M]. Wallingford: CAB International, 1988
- [10] Giannakou I O, Karpouzas D G, Prophetou-Athanasiadou D. A novel no-chemical nematicide for the control of root-knot nematodes [J]. *Applied Soil Ecology*, 2004, 26(1): 69-79
- [11] Siddiqui L A, Oureshi S A, Sultana S V, Ehteshamul-Haque H S, Ghaffar A. Biological control of root-rot knot disease complex of tomato [J]. *Plant and Soil*, 2000, 227(1-2): 163-169
- [12] Ali N I, Siddiqui I A, Shaukat S S, Zaki M J. Nematicidal activity of some strains of *Pseudomonas* spp [J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2002, 34(8): 1051-1058
- [13] 王志学. 乳酸在根结线虫病防治中的作用研究 [J]. 现代农业科技, 2008, 13: 131-132
- Wang Z X. Study on the effects of lactic acid on the control of root-knot nematode [J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2008, 13: 131-132 (in Chinese)
- [14] Fan, Q, Tian S, Liu H, Xu Y. Production of β -1, 3- glucanase and chitinase of two biocontrol agents and their possible modes of action [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2002, 47(4): 292-296
- [15] Addabbo T. The nematicidal effect of organic amendments: A review of the literature [J]. *Nematologia Mediterranea*, 1995, 23(2): 299-305
- [16] 王振. 有机添加物与生防菌对番茄根结线虫病的协同控制 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2014
- Wang Z. The synergistic efficacy of bio-control microorganism and organic material against tomato root-knot nematode [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2014 (in Chinese)
- [17] 徐芬芬, 叶利民, 徐卫红. 小白菜叶绿素含量的测定方法比较 [J]. 北方园艺, 2010(23): 32-34
- Xu F F, Ye L M, Xu W H. Comparison of methods of chlorophyll extraction in chinese cabbage [J]. *Northern Horticulture*, 2010(23): 32-34 (in Chinese)
- [18] Siddiqui I A, Shaukat S S, Khan A. Differential impact of some *Aspergillus* species on *Meloidogyne javanica* bio-control by *Pseudomonas fluorescens* strain CHAO [J]. *Letters in Applied Microbiology*, 2004, 39(1): 74-83
- [19] 文廷刚, 杜小凤, 王伟中, 钱新民, 吴传万. 几种复配药剂对黄瓜根结线虫的防治试验 [J]. 江苏农业科学, 2010(5): 143-144
- Wen T G, Du X F, Wang W Z, Qian X M, Wu C W. Control effect of several compound drug on cucumbe root-knot nematodes [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2010(5): 143-144 (in Chinese)
- [20] Siddiqui Z A. Effects of plant growth promoting bacteria and composed organic fertilizers on the reproduction of *Meloidogyne incognita* and tomato growth [J]. *Bioresource Technology*, 2004, 95(2): 223-227
- [21] Zaki Z A, Iabal A, Mahmood I. Effects of *Pseudomonas fluorescens* and fertilizers on the reproduction of *Meloidogyne incognita* and growth of tomato [J]. *Applied Soil Ecology*, 2001, 16(2): 179-185
- [22] 陈芳, 肖建同, 朱震, 杨兴明, 冉炜, 沈其荣. 生物有机肥对甜瓜根结线虫病的田间防治效果 [J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(5): 1262-1267
- Chen F, Xiao J T, Zhu Z, Yang X M, Ran W, Shen Q R. Effect of bio-organic fertilizers on root-knot nematode of muskmelon in field [J]. *Plant Nutrion and Fertilizer Science*, 2011, 17(5): 1262-1267 (in Chinese)
- [23] Ron G M, Tom B. Nematode community structure in relation to soil and vegetation characteristics [J]. *Applied Soil Ecology*, 1994, 1(1): 29-44