

万景旺,邵颖,朱华,等. 生防菌 Jdm2 与生物源农药混用防治黄瓜根结线虫病的效果[J]. 江苏农业科学,2014,42(4):108-110.

# 生防菌 Jdm2 与生物源农药混用防治 黄瓜根结线虫病的效果

万景旺<sup>1</sup>, 邵颖<sup>2</sup>, 朱华<sup>2</sup>, 魏利辉<sup>2</sup>, 肖雷<sup>1</sup>

(1. 中国矿业大学化工学院,江苏徐州 221116; 2. 江苏省农业科学院植物保护研究所,江苏南京 210014)

**摘要:**为了研究活体生防菌与生物源农药混合使用对根结线虫的防治效果,利用生防菌 Jdm2 分别与微生物源农药阿维菌素及植物源农药苦参碱、印楝素、藜芦碱混用对黄瓜根结线虫进行防治。单独使用各药剂时,生防菌 Jdm2、阿维菌素、苦参碱、印楝素及藜芦碱对黄瓜南方根结线虫的防效分别是 36%、42%、48%、48% 和 30%,分别使黄瓜单果增重 15%、14%、18%、25% 和 10%。当 Jdm2 分别与阿维菌素、苦参碱、印楝素、藜芦碱减量混用时,防效分别达到 50%、56%、54%、44%,对黄瓜单果增重分别达到 28%、31%、27%、18%。可见在各自减量的情况下,生防菌与生物源农药混用可对黄瓜根结线虫的防治起到增效作用。黄瓜平均单果重与黄瓜根结线虫防效呈正相关( $r=0.92$ ),说明根结线虫病情与黄瓜产量有着密切联系。

**关键词:** 黄瓜;根结线虫病;生防菌;生物源农药;混用;增效

**中图分类号:** S432.4<sup>+</sup>5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)04-0108-03

根结线虫 (*Meloidogyne* spp.) 是一类重要的植物病原线虫,可寄生 2 000 ~ 3 000 种植物,造成严重危害,产量损失一般为 10% ~ 30%,严重者高达 50% 以上。根结线虫主要危害植物根部,使根部形成串珠状根结,破坏根组织的分化和生理活动,影响地上部分生长发育<sup>[1]</sup>。根结线虫中,以南方根结线虫 (*M. incognita*) 的危害最为普遍<sup>[2]</sup>。对于根结线虫病的防治,历来以化学药剂为主,但化学杀线虫剂对环境污染严重,使用过程中对人、畜不安全,于是越来越多的研究者致力于安全高效的杀线剂的研究工作<sup>[3]</sup>。而其中应用微生物农药及植物源农药等生物源农药进行根结线虫防治的研究较多。微生物农药是指由微生物及其代谢产物加工而成的具有杀虫、杀菌、除草、杀鼠或调节植物生长的具有农药活性的物质,包括农用抗生素和活体微生物农药,是生物防治的物质基础和重要手段<sup>[4]</sup>。目前生产中已有一些芽孢杆菌 (*Bacillus*

spp.) 用于根结线虫防治,收到了良好效果<sup>[5-6]</sup>。阿维菌素是由灰色链霉菌发酵产生的一种新型抗生素,对根结线虫具有良好的防效<sup>[7-8]</sup>。植物源农药如苦参碱、印楝素和藜芦碱等也对根结线虫具有较高的防治效果<sup>[9-10]</sup>。阿维菌素与植物源农药复配或混用对根结线虫等植物病原表现出了良好的拮抗效果<sup>[11-13]</sup>。活体生防菌与化学农药混用以及活体生防菌之间的混用在防治植物病害中的应用也有报道<sup>[14-15]</sup>,但却很少有利用活体生防菌与生物源农药混用来防治根结线虫的研究。本试验利用生防菌 Jdm2 分别与微生物源农药阿维菌素和植物源农药苦参碱、印楝素、藜芦碱混用对黄瓜根结线虫进行防治,探讨生防菌与生物源农药的混用效果。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验时间、地点

田间试验于 2012 年在江苏省淮安市丁集镇进行,室内试验在江苏省农业科学院植物保护研究所进行。试验土壤类型为沙土两合土,肥力中等偏上,有机质含量 2.0 g/kg, pH 值 8.2,有效磷 10 ~ 15 mg/kg,速效钾 90 ~ 100 mg/kg,有效锌 1.0 mg/kg,有效硼 0.4 mg/kg。

### 1.2 试验材料

1.2.1 供试作物 供试作物为黄瓜,品种为“津研 35”,砧木为黑籽南瓜。

1.2.2 供试菌株 供试菌株 Jdm2 为江苏省农业科学院植物

生物学特性研究[J]. 西北农业学报,2005,13(3):23-26.

[14] 张中义. 中国真菌志枝孢属黑星孢属梨孢属[M]. 北京:科学出版社,2003,14:1-186.

[15] 黄仲生,黄习军,杨玉茹,等. 京郊黄瓜枯萎病原菌鉴定初报[J]. 植物病理学报,1984,14(4):249-251.

[16] 张锦秀,于彦一,袁振五. 茄子黄萎病 (*Verticillium dahliae*) 人工免疫研究初报[J]. 内蒙古农业大学学报:自然科学版,1990,12(2):128-132.

2010,38(9):114-115.

[10] 燕嗣皇,吴石平,陆德清,等. 木霉生防菌对根际微生物的影响与互作[J]. 西南农业学报,2005,18(1):40-46.

[11] 杨若鹏,郑肖兰,田学军,等. 云南蒙自枇杷根腐病植株根际土壤真菌多样性研究[J]. 2012,32(12):70-74.

[12] 张中义,冷怀琼,张志铭,等. 植物病原真菌学[M]. 成都:四川科学技术出版社,1988:69-517.

[13] 郭云忠,孙广宇,高保卫,等. 套袋苹果黑点病原菌鉴定及其

收稿日期:2014-02-17

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项(编号:SQ201403032);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(10)206]。

作者简介:万景旺(1987—),男,河南商丘人,硕士研究生,主要从事生物化工与生物技术研究。E-mail: cumtwan@gmail.com。

通信作者:肖雷(1975—),男,江苏徐州人,博士,副教授,主要从事生物工程研究。Tel: (0516) 83591070; E-mail: lxiao@cumt.edu.cn。

保护研究所分离得到,经鉴定枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)。将该菌株接种到改良PD培养液中培养(30℃、150 r/min)<sup>[16]</sup>,当培养至 $D_{600\text{nm}}$ 为0.5~0.8时,将种子菌液以1:100体积比加入PD培养液中,振荡培养20~24 h,菌株发酵液作为接种物。接种后同样条件摇培至 $D_{600\text{nm}}$ 为1.0左右(约 $10^8$  CFU/mL),发酵液稀释后灌根使用。

1.2.3 供试药剂 1.8%阿维菌素乳油(陕西上格之路生物科技有限公司),0.3%苦参碱水剂(河南省亚乐生物科技股份有限公司),0.5%印楝素乳油(云南光明印楝产业开发股份有限公司),0.5%藜芦碱可溶液剂(山东聊城赛德农药有限公司)。

1.3 试验方法

于黄瓜移栽时采用生防菌及各药剂进行灌根处理。每个处理3次重复,每个重复小区面积38 m<sup>2</sup>,定植210株,随机排列。采用灌根法施药,每株灌根500 mL药剂。处理药剂浓度参照表1。

表1 药剂准备

| 处理   | 稀释倍数  | 处理          | 稀释倍数          |
|------|-------|-------------|---------------|
| Jdm2 | 500   | Jdm2 + 阿维菌素 | 1 000 + 6 000 |
| 阿维菌素 | 3 000 | Jdm2 + 苦参碱  | 1 000 + 2 000 |
| 苦参碱  | 1 000 | Jdm2 + 印楝素  | 1 000 + 2 000 |
| 印楝素  | 1 000 | Jdm2 + 藜芦碱  | 1 000 + 4 000 |
| 藜芦碱  | 2 000 | 水           |               |

调查采用5点取样,共5株,根据Bridge等提出的分级标准记录根结指数<sup>[17]</sup>。调查时随机采摘15根黄瓜称重,计算单果重。按式(1)至(3)计算病情指数、防效及黄瓜增重率:

病情指数 =  $[\sum(\text{各病级植株数} \times \text{病级数值}) / (\text{调查总植株数} \times \text{最高病级数})] \times 100\%$ ; (1)

防效 =  $[(\text{对照病情指数} - \text{处理病情指数}) / \text{对照病情指数}] \times 100\%$ ; (2)

增重 =  $[(\text{处理平均单果重} - \text{对照平均单果重}) / \text{对照平均单果重}] \times 100\%$ 。 (3)

1.4 数据分析

利用SAS 9.3软件对数据进行方差分析,采用LSD法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 对黄瓜根结线虫病的防治效果

由图1可知,所有处理均可显著降低黄瓜根结线虫病情指数( $P < 0.05$ ),其中以生防菌Jdm2 + 苦参碱病情指数最低,而单用藜芦碱病情指数相对较高,Jdm2与苦参碱混用病情指数最低,但各处理之间差异不显著。同时,可以看到,生防菌和生物源农药减量混用比单用两者任意一种的根结线虫病情指数都要低,说明生防菌与生物源农药混用可增加对根结线虫的防治效果。如生防菌Jdm2与阿维菌素混用后黄瓜根结线虫病情指数为33%,防效为50%,比单用生防菌Jdm2防效增加39%,比单用阿维菌素防效增加19%;当生防菌Jdm2与苦参碱、印楝素、藜芦碱混用时,防效比单用生防菌Jdm2分别增加56%、50%和22%,比单用相应植物源农药防效分别增加17%、13%和47%(表2)。生防菌Jdm2与苦参

碱混用后,防效比单用生防菌高出很多,表明苦参碱可以提高生防菌对黄瓜根结线虫的防治效果,混用中苦参碱起主要防治作用。

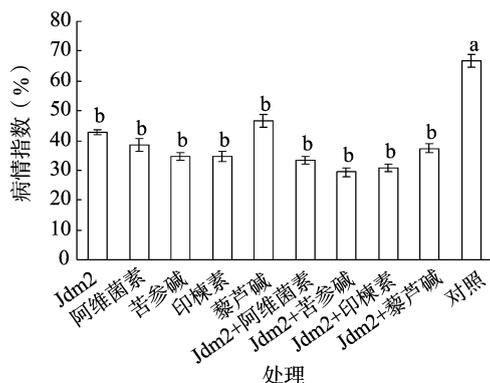


图1 不同处理黄瓜根结线虫病情指数

表2 生防菌和生物源农药混与单一使用比较

| 混用处理        | 防效增加率(%) |           | 平均单果重增加率(%) |           |
|-------------|----------|-----------|-------------|-----------|
|             | 相比单用生防菌  | 相比单用生物源农药 | 相比单用生防菌     | 相比单用生物源农药 |
| Jdm2 + 阿维菌素 | 39       | 19        | 87          | 100       |
| Jdm2 + 苦参碱  | 56       | 17        | 107         | 72        |
| Jdm2 + 印楝素  | 50       | 13        | 80          | 8         |
| Jdm2 + 藜芦碱  | 22       | 47        | 20          | 80        |

2.2 对黄瓜果实的增重效果

各处理显著降低了根结线虫病情指数,黄瓜长势相对较好,而且能不同程度促进黄瓜果实发育,平均单果重显著增加( $P < 0.05$ )(图2)。其中Jdm2和苦参碱混用平均单果重最高,其次为Jdm2和阿维菌素混用及Jdm2和印楝素混用。与防治效果类似,生防菌Jdm2与生物源农药混用比单一使用任何一种的平均单果重均要高。值得注意的是,当生防菌Jdm2与印楝素混用时对黄瓜的果实发育促进作用并不比单独使用印楝素要好,增加仅为8%。而Jdm2与藜芦碱混用后,平均单果重仅比单独施用生防菌Jdm2增加20%(表2)。

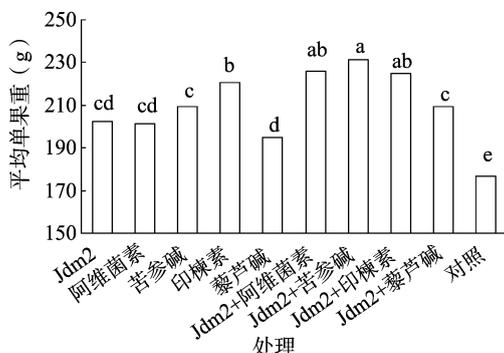


图2 不同处理黄瓜平均单果重

2.3 黄瓜根结线虫病情与黄瓜果实单果重的相关性分析

由图3分析可知,黄瓜根结线虫病情与黄瓜果实发育有显著关系,不同处理防效越高,其平均单果重也就越高,两者呈正相关( $r = 0.92$ )。说明黄瓜根结线虫病对黄瓜果实发育

有很大的影响,根结线虫病严重的黄瓜植株,其果实发育迟缓,质量明显减轻。

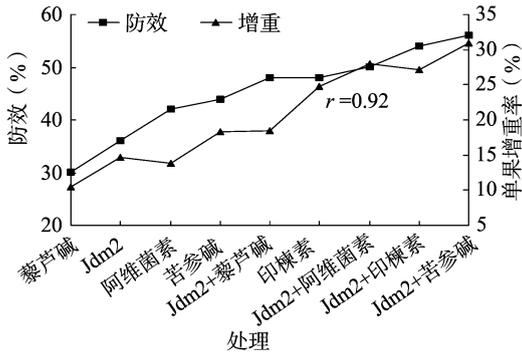


图3 黄瓜根结线虫病防效与增重相关性分析

### 3 讨论与结论

单独使用生防菌作为防治因子防治植物病害时,容易受到自然环境条件因素的干扰,造成田间防治效果不理想、不稳定。本研究利用生防菌 Jdm2 分别与微生物源农药阿维菌素及植物源农药苦参碱、印楝素、藜芦碱混用来防治黄瓜根结线虫病,结果表明,混用的田间防效均不同程度高于两者单独使用,表现出不同程度的增效作用。这可能是因为生防菌和生物源农药对根结线虫的作用机理不同,即生物源农药具有快速稳定的体外杀虫作用,主要作用于生活在土壤中的 2 龄幼虫;而生防菌株不仅对根结线虫 2 龄幼虫具有抑制作用,还能显著抑制根结线虫卵孵化,甚至有可能诱导植物产生抗性,抵制根结线虫 2 龄幼虫的侵入<sup>[18-19]</sup>。

当生防菌 Jdm2 分别与几种生物源农药混用防治黄瓜根结线虫病时,防治效果差异与单用生物源农药相似,如单独使用时藜芦碱防效最低,混用时,生防菌 Jdm2 与藜芦碱的防效也是最低的,说明生防菌 Jdm2 与生物源农药混用时,防效中生物源农药贡献比率较大。当单独使用时,印楝素防效最高,但与生防菌 Jdm2 混用后,其防效要低于苦参碱与生防菌 Jdm2 混用,表明苦参碱与生防菌 Jdm2 增效作用更为明显。本研究探讨了黄瓜根结线虫病病情指数与黄瓜重量之间的关系,发现两者存在较高的相关性。由图 3 分析可知,各处理对黄瓜根结线虫防效与黄瓜平均单果重趋势相同,表明根结线虫病可影响黄瓜果实发育,造成黄瓜果实发育迟缓,这可能是根结线虫影响了黄瓜植株对水分及养分的吸收,不能满足黄瓜果实发育需求造成的。

另外,值得一提的是,利用生防菌 Jdm2 与几种生物源农药混用后虽然可以提高防效,但总体看,防效并不理想,最高也仅为 56%。这可能是所选用田块发病较重,在移栽时进行灌根处理,可对土壤中根结线虫 2 龄幼虫发挥作用,抑制其进入黄瓜根内,初期防效较高(数据未列出);但随着黄瓜生长期的延长,各药剂药效逐渐降低,土壤中根结线虫密度增大,黄瓜根结线虫病加重。如果在黄瓜不同生长期进行 2 次施药处理,防效也许更加明显,这需要进一步的研究验证。

由于生防菌与生物源农药混用不仅可以发挥生物源农药安全高效的优势,同时还保持了生防菌在植物根周围定殖、分泌抗生素、诱导植物产生抗病性等特点,因此在植物病害防治中具有广阔的推广应用前景。

### 参考文献:

- [1] 刘维志. 植物病原线虫学[M]. 2000,北京:中国农业出版社. 243-278.
- [2] Xu J H, Liu P L, Meng Q P, et al. Characterisation of *Meloidogyne* species from China using isozyme phenotypes and amplified mitochondrial DNA restriction fragment length polymorphism[J]. European Journal of Plant Pathology, 2004, 110(3): 309-315.
- [3] Oka Y, Koltai H, Bar-Eyal M, et al. New strategies for the control of plant-parasitic nematodes[J]. Pest Management Science, 2000, 56(11): 983-988.
- [4] 朱玉坤, 尹衍才. 微生物农药研究进展[J]. 生物灾害科学, 2012, 35(4): 431-434.
- [5] Mohammed S H, El Saedy M A, Enan M R, et al. Biocontrol efficiency of *Bacillus thuringiensis* toxins against root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* [J]. Journal of Cell and Molecular Biology, 2008, 7(1): 57-66.
- [6] Xiao T J, Tan S Y, Shen Q R, et al. *Bacillus cereus* X5 suppresses root-knot nematode of tomato by colonizing in roots and soil[J]. African Journal of Microbiology Research, 2012, 6(10): 2321-2327.
- [7] Reddy P P. Recent advances in crop protection, in Avermectins[M]. London: Springer, 2013: 13-24.
- [8] Caryal J C, Djian C, Frankowski J P. Efficacy of Abamectin B1 for the control of *Meloidogyne arenaria* [J]. Fundamental and Applied Nematology, 1993, 16(3): 239-246.
- [9] 刘 霆, 刘伟成, 卢彩鸽, 等. 康绿功臣可湿性粉剂防治番茄根结线虫的效果[J]. 湖北农业科学, 2012, 51(3): 504-505.
- [10] 王宏宝, 赵桂东, 刘伟中, 等. 不同药剂对黄瓜根结线虫病防治效果研究[J]. 福建农业学报, 2012, 27(11): 1242-1245.
- [11] 窦瑞木, 杨红丽, 张慎璞, 等. 2.4% 藜芦碱·阿维 AS 防治番茄根结线虫药效试验[J]. 农药, 2010, 49(8): 602-603.
- [12] 梁 卿, 徐树兰, 李 辉, 等. 1.8% 苦参碱·阿维菌素乳油防治甘蓝小菜蛾药效试验[J]. 广东农业科学, 2009(2): 58-60.
- [13] 段瑞华, 韩方胜, 杨 波, 等. 0.15% 阿维·印楝素颗粒剂防治番茄根结线虫病田间药效试验[J]. 上海蔬菜, 2008(3): 50.
- [14] 王燕鹁, 喻国辉, 陈远凤. 化学农药与芽孢杆菌 M3、S11 菌株对西芹黄萎病的防治效果[J]. 中国蔬菜, 2010(20): 57-61.
- [15] Anastasiadis I A, Giannakou I O, Prophetou-Athanasiadou D A, et al. The combined effect of the application of a biocontrol agent *Paecilomyces lilacinus*, with various practices for the control of root-knot nematodes[J]. Crop Protection, 2008, 27(3/4/5): 352-361.
- [16] Wei L H, Xu Q Y, Wei B Q, et al. Screening of antagonistic bacterial strains against *Meloidogyne incognita* using protease activity[J]. Biocontrol Science and Technology, 2010, 20(7): 739-750.
- [17] Bridge J, Page S L J. Estimation of root-knot nematode infestation levels on roots using a rating chart[J]. Tropical Pest Management, 1980, 26(3): 296-298.
- [18] Huang X W, Zhao N H, Zhang K Q. Extracellular enzymes serving as virulence factors in nematophagous fungi involved in infection of the host[J]. Research in Microbiology, 2004, 155(10): 811-816.
- [19] Desoignies N, Schramme F, Ongena M, et al. Systemic resistance induced by *Bacillus lipopeptides* in *Beta vulgaris* reduces infection by the rhizomania disease vector *Polymyxa betae* [J]. Molecular Plant Pathology, 2013, 14(4): 416-421.