

## 酸类化合物对大豆胞囊线虫防效及寄主生长的影响

刘丹丹<sup>1</sup>, 段玉玺<sup>2</sup>, 陈立杰<sup>2</sup>

(1. 沈阳化工大学 环境与生物工程学院, 辽宁 沈阳 110142; 2. 沈阳农业大学 植物保护学院线虫研究所, 辽宁 沈阳 110866)

**摘要:**以辽豆 15 为材料, 采用人工接种的方法, 分别测定了不同酸类化合物对大豆胞囊线虫的温室防治效果和对大豆植株生长情况的影响。结果表明: 供试化合物中, 甲酸和丙酸对大豆胞囊线虫的抑制率相对较高, 对线虫的温室防治效果最好; 乙酸和乙二酸次之; 柠檬酸和苹果酸对线虫的防效较低。乙二酸、柠檬酸和苹果酸对大豆植株的生长抑制作用较小。综合试验结果, 确定乙二酸是较为理想的线虫防治药剂。

**关键词:**大豆胞囊线虫; 酸类化合物; 生物活性

中图分类号: S432.45

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2012)02-0278-03

## Effect of Acid Compound on Soybean Cyst Nematode and Host Growth

LIU Dan-dan<sup>1</sup>, DUAN Yu-xi<sup>2</sup>, CHEN Li-jie<sup>2</sup>

(1. Department of Environmental and Biological Engineering, Shenyang University of Chemical Technology, Shenyang 110142; 2. Department of Plant Protection, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, Liaoning, China)

**Abstract:** In order to clarify the effect of acid compound on soybean cyst nematode and host growth, soybean cultivar Liaodou 15 was pot planted in greenhouse and when the first true leaves were expanded, each soybean plant were inoculated with 2 000 eggs of SCN combined with 10 mL different acid compounds into the soil. Amount of cysts, plant height, shoot fresh weight and root fresh weight were detected 35 days after emergence. Among the 6 acid compounds, nematode suppression rate of Formic and Propionic acid were the highest; followed by Acetic acid and Oxalic acid; Citric acid and Malic acid were the lowest. Oxalic acid, Citric acid and Malic acid had lower inhibition effect on plant traits considering plant height, shoot fresh weight and root fresh weight. Results suggest Oxalic acid is an ideal nematode control agent for soybean.

**Key words:** Soybean Cyst Nematode; Acid compounds; Biological activity

大豆胞囊线虫病是大豆生产中的流行性、毁灭性病害之一, 对大豆生产造成严重危害。世界范围内由大豆胞囊线虫病造成的产量损失约为 5% ~ 10%, 严重地块产量损失达到 30% 以上, 每年造成的经济损失可达数十亿美元<sup>[1]</sup>。我国主要大豆产区黑龙江省受害严重的面积就达 66.7 万  $\text{hm}^2$ , 一般减产 20% ~ 30%, 严重的达 70% ~ 80%<sup>[2]</sup>。Wrathe 和 Koenning 对 2003 ~ 2005 年美国的大豆生产情况进行了评估, 发现大豆胞囊线虫病造成的经济损失高于其它大豆病害<sup>[3]</sup>。

相关研究发现, 酸类化合物对植物寄生线虫具有一定的防治作用<sup>[4-7]</sup>。许多酸类化合物在降解过程中, 可以释放出对线虫有毒杀作用的物质<sup>[8]</sup>。乙二酸、柠檬酸、苹果酸和酒石酸均对植物寄生线虫有防治作用<sup>[9-11]</sup>。因此该试验在前期工作的基础上, 从小分子酸类化合物入手, 分别测定了供试酸类化合物对大豆胞囊线虫的温室防治效果和对大豆植株生长的影响情况, 为开发安全高效的新型线

虫防治药剂奠定基础。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试材料

1.1.1 供试药剂 甲酸 ( $\text{HCOOH}$ )、乙酸 ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ )、丙酸 ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ )、乙二酸 ( $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ )、柠檬酸 ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ ) 和苹果酸 ( $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5$ )。供试药剂均为分析纯。

1.1.2 大豆品种 辽豆 15, 从辽宁省农业科学院购得。

1.1.3 线虫来源 大豆胞囊线虫 (*Heterodera glycines*), 由沈阳农业大学北方线虫研究所培养。

#### 1.2 试验设计

试验于 2010 年在沈阳农业大学北方线虫研究所温室大棚中进行。根据前期离体生物测试的结果, 选择对大豆胞囊线虫 2 龄幼虫毒性较高的化合物进行温室防效测定 (化合物对应  $\text{EC}_{50}$  浓度见表 1)。取田园土: 沙土约 2: 1 (体积比), 混匀后经 180℃ 干热灭菌 90 min, 放入 12 × 12 cm 塑料盆内,

收稿日期: 2011-12-24

第一作者简介: 刘丹丹 (1981-), 女, 博士, 讲师, 研究方向为环境生物学。E-mail: liudandan.553@163.com。

每盆装土约 1.0 kg。大豆种子用清水浸泡约 4 h,待充分吸胀后播种于塑料盆中,保证每盆中 1 株大豆幼苗。大豆幼苗长至 2 片真叶时进行根部接种,每株约 2 000 粒卵,同时施入供试化合物溶液 10 mL。25℃ 条件下培养,自然光照,试验以无菌水为对照,每处理 5 株苗,5 次重复。

表 1 供试化合物应用浓度  
Table 1 Compounds tested concentration

| 化合物 Compounds                                    | EC <sub>50</sub> /μg·mL <sup>-1</sup> |
|--|---------------------------------------|
| 甲酸 HCOOH   | 3. 1790                               |
| 乙酸 C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>  | 12. 3421                              |
| 丙酸 C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>  | 4. 4966                               |
| 乙二酸 C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> | 15. 1085                              |
| 柠檬酸 C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> | 87. 9438                              |
| 苹果酸 C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>5</sub> | 214. 8986                             |

1.3 测定项目与方法

1.3.1 温室防效测定 待大豆苗生长 35 d 后,调查大豆根部的胞囊数量,并计算供试酸类化合物对大豆胞囊线虫的抑制率:胞囊抑制率(%) =

$$\frac{\text{对照胞囊数量} - \text{处理胞囊数量}}{\text{对照胞囊数量}} \times 100$$

1.3.2 寄主生长情况测定 大豆根部胞囊数量的调查结束后,测量全部植株的株高、鲜重以及根部鲜重。

1.4 数据分析

试验数据经 DPS 3.01 软件和 Excel 2003 软件统计,并采用 Duncan's 新复极差法进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 温室防效测定

如表 2 所示,在 6 种供试化合物中,甲酸和丙酸

对大豆胞囊线虫的抑制率均达到 70% 以上,显著高于其它处理,每盆中的平均胞囊数量分别为(39. 40 ± 6. 07) 和(48. 20 ± 6. 06) 个;乙酸和乙二酸对大豆胞囊线虫的抑制率为 50% ~ 70%,每盆中的平均胞囊数量分别为(70. 40 ± 4. 62) 和(59. 00 ± 4. 12) 个;柠檬酸和苹果酸对线虫抑制率最低,且胞囊数量高于其它处理,防治效果不明显。

表 2 化合物对大豆胞囊线虫温室防效

Table 2 Control effect of compound on soybean cyst nematode in greenhouse

| 化合物 Compounds                                    | 胞囊数量(个/盆) Amount of cysts | 抑制率 Inhibition/%  |
|--|---------------------------|-------------------|
| 甲酸 HCOOH   | 39. 40 ± 6. 07 Ff         | 76. 58 ± 3. 61 Aa |
| 乙酸 C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>  | 70. 40 ± 4. 62 Cc         | 58. 15 ± 2. 74 Dd |
| 丙酸 C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>  | 48. 20 ± 6. 06 Ee         | 71. 34 ± 3. 60 Bb |
| 乙二酸 C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> | 59. 00 ± 4. 12 Dd         | 64. 92 ± 2. 45 Cc |
| 柠檬酸 C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> | 101. 80 ± 4. 49 Bb        | 39. 48 ± 2. 68 Ee |
| 苹果酸 C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>5</sub> | 105. 00 ± 4. 58 Bb        | 37. 17 ± 2. 87 Ee |
| 对照 CK  | 168. 20 ± 5. 72 Aa        | -                 |

数据为 5 次重复的平均值 ± 标准差。同列数据后不同大小写字母分别表示差异极显著(P < 0. 01) 和差异显著(P < 0. 05) (Duncan's 新复极差法)。下同。

Data are the  $\bar{X} \pm SD$ . The letters after data in same column is Duncan's test results, the capital or lowercase of which represent statistic significance at 0. 01 or 0. 05 level. The same below.

2.2 寄主生长情况

如表 3 所示,经过乙二酸、柠檬酸和苹果酸处理的大豆植株生长情况相对较好,地上部分株高、鲜重和地下部分根重都与对照相近,说明这 3 个处理对大豆的生长影响较小。而甲酸处理对大豆植株生长影响较大,植株表现为生长矮小,且根系不发达。

表 3 化合物对大豆植株生长影响  
Table 3 Effect of compound on soybean growth

| 化合物 Compounds                                    | 株高 Plant height/cm | 地上部鲜重 Shoot fresh weight/g | 根鲜重 Root fresh weight/g |
|--|--------------------|----------------------------|-------------------------|
| 甲酸 HCOOH   | 14. 28 ± 0. 28 Ef  | 24. 26 ± 0. 20 Ff          | 1. 94 ± 0. 05 Ff        |
| 乙酸 C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>  | 16. 26 ± 0. 38 Dd  | 30. 32 ± 0. 36 Dd          | 2. 31 ± 0. 07 Dd        |
| 丙酸 C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>  | 15. 68 ± 0. 19 De  | 26. 37 ± 0. 25 Ee          | 2. 11 ± 0. 23 Ee        |
| 乙二酸 C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> | 20. 50 ± 0. 31 Cc  | 34. 48 ± 0. 25 Cc          | 2. 59 ± 0. 08 Cc        |
| 柠檬酸 C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> | 21. 02 ± 0. 13 BCb | 35. 17 ± 0. 18 Bb          | 2. 75 ± 0. 05 Bb        |
| 苹果酸 C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>5</sub> | 21. 22 ± 0. 25 Bb  | 35. 19 ± 0. 29 Bb          | 2. 63 ± 0. 06 Cc        |
| 对照 CK  | 22. 84 ± 0. 59 Aa  | 36. 49 ± 0. 63 Aa          | 3. 04 ± 0. 08 Aa        |

### 3 结论与讨论

大量研究表明,小分子酸类化合物对植物寄生线虫具有防治作用<sup>[12-13]</sup>,但作用机理尚不清楚。20 世纪 90 年代,研究人员发现向土壤中加入有机土壤添加剂可以降低植物线虫的危害<sup>[14-16]</sup>,因为有机土壤添加剂发酵会产生低分子量的酸类物质(包括甲酸、乙酸、丙酸和丁酸),对植物寄生线虫具有防治作用<sup>[17]</sup>。但利用土壤添加剂防治植物寄生线虫操作十分困难,不仅需要大量的有机添加剂,而且要求持续的高温和高湿条件,因此未能实际应用<sup>[18-19]</sup>。Zuckerman 等<sup>[20]</sup>报道黑曲霉(*Aspergillus niger*)由于产生次生代谢产物柠檬酸和乙二酸,因此对线虫有毒杀活性。

该试验选择甲酸、乙酸、丙酸、乙二酸、柠檬酸和苹果酸 6 种酸性化合物,进行了温室防效试验并考察了其寄主植物的生长影响。结果表明,供试化合物中,乙二酸具有较为理想的线虫防治效果。后继还将深入研究酸类化合物对线虫的作用机理并进行田间验证试验,为开发出能够应用到生产实际的理想型线虫防治药剂提供一定的理论依据。

### 参考文献

- [1] 刘维志,段玉玺. 植物病原线虫学[M]. 北京: 中国农业出版社,2000. (Liu W Z, Duan Y X. Plant pathogenic nematology[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000. )
- [2] 吴海燕,远方,陈立杰,等. 大豆胞囊线虫病与大豆抗胞囊线虫机制的研究[J]. 大豆科学,2001,20(4):285-289. (Wu H Y, Yuan F, Chen L J, et al. Advances in soybean cyst nematode and mechanism of soybean resistance to *Heterodera glycines* [J]. Soybean Science, 2001, 20(4): 285-289. )
- [3] Wrather J A, Koenning S R. Estimates of disease effects on soybean yields in the United States 2003 to 2005[J]. Journal of Nematology, 2006, 38: 173-180.
- [4] Stephenson W. The effects of acid on a soil nematode[J]. Parasitology, 1945, 36: 158-164.
- [5] Johnston T M. Antibiosis of *Clostridium butyricum* prazmowski on *tylenchorhynchus martini* fielding, (Nematoda: Phasmidia), in submerged rice soil [D]. Baton Rouge: Louisiana State University, 1959.
- [6] Sayre R M, Patrick Z A, Thorpe H. Substances toxic to plant-parasitic nematodes in decomposing plant residue[J]. Phytopathology, 1964, 54: 905.
- [7] Badra T, Saleh M A, Oteifa B A. Nematicidal activity and composition of some organic fertilizers and amendments [J]. Revue Nématologie, 1979, 2: 29-36.
- [8] Li G H, Zhang K Q, Xu J P, et al. Nematicidal substances from fungi[J]. Recent Patents on Biotechnology, 2007, 1: 1-21.
- [9] William S. The effects of acids on a soil nematode[J]. Parasitology, 1945, 36: 158-164.
- [10] Nieminen J K. Labile carbon alleviates wood ash effects on soil fauna[J]. Soil Biology & Biochemistry, 2008, 40: 2908-2910.
- [11] Sun J, Wang H, Lu F, et al. The efficacy of nematicidal strain *Syncephalastrum racemosum* [J]. Annals of Microbiology, 2008, 58: 369-373.
- [12] Gotoh S, Onikura Y. Organic acids in a flooded soil receiving added rice straw and their effect on the growth of rice[J]. Soil Science and Plant Nutrition, 1971, 17: 1-8.
- [13] Chandrasekaran S, Yoshida T. Effect of organic acid transformations in submerged soils on growth of the rice plant[J]. Soil Science and Plant Nutrition, 1973, 19: 39-45.
- [14] Akhtar M, Alam M M. Effect of crop residues amendments to soil for the control of plant-parasitic nematodes[J]. Bioresource Technology, 1992, 41: 81-87.
- [15] Akhtar M, Alam M M. Utilization of waste materials in nematode control: a review[J]. Bioresource Technology, 1993, 45: 1-7.
- [16] Akhtar M, Mahmood I. Potentiality of phytochemicals in nematode control: a review[J]. Bioresource Technology, 1994, 48: 189-201.
- [17] Jatala P. Biological control of plant-parasitic nematodes[J]. Annual Review of Phytopathology, 1986, 24: 453-489.
- [18] Browning M, Dawson C, Alm S R, et al. Effect of carbon amendment and soil moisture on *Tylenchorhynchus* spp. and *Hoplolaimus galeatus* [J]. Journal of Nematology, 1999, 31: 445-454.
- [19] 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: 573-586.
- [20] Zuckerman B M, Matheny M, Acosta N. Control of plant-parasitic nematodes by a nematicidal strain of *Aspergillus niger* [J]. Journal of Chemical Ecology, 1994, 20: 33-43.