

# 涕灭威对大豆田土壤线虫生物多样性的影响<sup>\*</sup>

陈立杰<sup>1</sup> 段玉玺<sup>1</sup> 梁文举<sup>2</sup> 李永峰<sup>1</sup>

(1. 沈阳农业大学植物保护学院植物线虫学研究室, 辽宁 沈阳 110161;

2. 中国科学院沈阳应用生态研究所, 辽宁 沈阳 110016)

**摘要** 利用涕灭威处理大豆田, 研究土壤线虫群落结构和生物多样性的变化, 共鉴定出7目12科17属的土壤线虫, 其中植物寄生线虫是大豆根际土壤线虫的优势营养类群, 短体属 *Pratylenchus*, 茎属 *Ditylenchus*, 小杆属 *Rhabditis* 和矛线属 *Dorylaimus* 是线虫优势属。与对照相比, 除开花期因气候干旱外, 涕灭威处理在大豆的各个生育期均抑制了土壤线虫总数和各营养类群的群体数量增长, 尤其对植物寄生线虫抑制程度更为显著。应用多样性指数  $H'$ 、成熟度指数 MI、均匀度指数  $J'$ 、丰富度指数 SR、优势度指数 I 和植物寄生线虫成熟度指数 PPI 分析比较了处理区和对照区土壤线虫生物多样性变化规律, 结果显示涕灭威处理显著降低了大豆田土壤线虫的多样性, 增加了线虫的优势度指数, 各生态指数较好地反映了涕灭威对大豆田土壤线虫生物多样性的干扰作用。

**关键词** 大豆; 涕灭威; 土壤线虫; 群落结构; 生物多样性

**中图分类号** S 154 **文献标识码** A **文章编号** 1000-9841(2006)02-0164-06

线虫是农田土壤中的生物因子, 对植物的生长可以产生直接或间接的影响。土壤线虫大体上可分为植物寄生线虫和非植物寄生线虫。植物寄生线虫中有的种类对植物造成严重危害, 如大豆胞囊线虫、黄瓜根结线虫和甘薯茎线虫等, 线虫取食植物根部造成的伤口可以为其它病原微生物提供便利的侵染条件, 从而引起复合侵染病害<sup>[1]</sup>。为了控制线虫病害, 人们常用化学杀线剂如涕灭威来铲除土壤中的所有线虫, 包括植物寄生线虫和非植物寄生线虫。

非植物寄生线虫又被分为食细菌线虫、食真菌线虫、捕食性线虫和杂食性线虫等几种常见营养类群<sup>[2,3]</sup>, 其中不同类群的线虫群体变化会给农作物带来不同的影响。因为非植物寄生线虫多数是自由生活的线虫, 可参与土壤有机质分解和养分循环, 改善土壤营养状况, 从而影响植物的生长。由于线虫的普遍存在, 并且在土壤腐屑食物网中占有重要位置, 土壤线虫常被看作是生态系统变化和农业生态系统受到农业管理措施干扰的敏感性指示生物。近年来, 农业生态系统线虫多样性研究逐渐受到线虫学家和生态学家的重视, 人们常用线虫的种类、营养类群和功能类群多样性, 以及生态指数等作为指示

剂来指示农业土壤健康质量<sup>[4~9]</sup>。然而, 在我国有关线虫生物多样性的研究以及线虫对农业土壤健康指示作用的研究还少有文献报道<sup>[7]</sup>。因此, 开展农田生态系统的线虫生物多样性研究, 及其对农田土壤的生物指示作用研究, 将对探明土壤生态系统过程机制和提高农业土壤质量, 实现农业可持续发展具有十分重要的理论意义。本研究旨在检测施用杀线剂涕灭威之后, 大豆田中土壤线虫群落组成及其多样性变化, 明确杀线剂对植物寄生线虫具有控制作用的同时, 是否对非植物寄生线虫产生不利影响, 从中寻找适宜的线虫指示剂用于指示化学农药对土壤质量的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

化学杀线剂: 涕灭威 (Aldicarb, Temik), 化学名称 0-(甲基氨基甲酰基)-2-甲基-2-甲硫基丙醛肟; 山东省宁阳农药厂生产, 15% 颗粒剂型, 施用量为 40 kg · hm<sup>-2</sup> 沟施。

\* 收稿日期: 2006-02-28

项目来源: 国家自然科学基金 (30300231) 和辽宁省高校优秀人才支持计划

作者简介: 陈立杰 (1971-), 女, 博士, 副教授, 从事植物病理学和线虫学的教学和科研工作, Email: Chenlj@syau.edu.cn

供试作物: 大豆 (*Glycine max*), 辽豆 11。

## 1.2 田间设计

试验于 2002 年在辽宁省沈阳市东陵区沈阳农业大学实验地进行, 土壤为典型棕壤, 有机质含量  $16.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , pH 值为 6.04; 前茬作物为玉米。随机区组设计, 5 次重复, 以不施任何有机肥和化学品的小区为对照。将涕灭威按施用量为  $90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  施入土中, 而后点播大豆种子覆土, 中耕除草常规管理。分别于大豆播种期(4 月 26 日)、出苗期(5 月 16 日)、开花期(7 月 4 日)、结荚期(8 月 31 日)和成熟期(9 月 30 日)取样 5 次。

## 1.3 土壤线虫的采集、分离与鉴定

在大豆生长关键期取样, 每一个处理区内采用五点法取样, 去掉表土, 然后用取样铲从 5~10 cm 深度处挖取 300 g 根际土壤装袋, 封口, 记好标签, 带回实验室及时分离。

每个土样称取 200g, 用淘洗-过筛-蔗糖梯度密度离心法分离线虫,  $60^\circ\text{C}$  水浴温和热杀死后, 用 TAF 固定液固定, 倒入标本瓶中待测。

依据土壤湿度, 将土壤线虫种群数量折算成 100 g 干土含有线虫的条数。在解剖镜和显微镜下观察计数线虫的群体数量并进行科属水平的鉴定。

## 1.4 土壤线虫多样性指数计算方法

采用土壤线虫生态学者普遍应用的生物多样性指数来度量土壤线虫群落多样性<sup>[6,7]</sup>。

$$\text{多样性指数 } H' = -\sum p_i (\ln p_i)$$

$$\text{均匀度指数 } J' = H' / H'_{\max}, H'_{\max} = \ln S$$

$$\text{丰富度指数 } SR = (S - 1) / \ln N$$

$$\text{优势度指数 } \lambda = \sum p_i^2$$

$$\text{自由生活线虫成熟度指数 } MI = \sum v(i) * f(i)$$

$$\text{植物寄生线虫的成熟度指数 } PPI = \sum v(i) * f'(i)$$

N 代表所鉴定的个体数目; S 代表鉴定的分类单元的数目, 某一给定的分类单元可以看作是第 i 个分类单元; p 是第 i 个分类单元中个体所占的比例; v(i) 是在生态演替中属于 k-选择和 r-选择科属线虫、分别赋予值为 1-5; f(i) 是某一科/属在线虫种群总数中所占的比重; f'(i) 是植物寄生线虫某一科/属在线虫种群总数中所占的比重。

表 1 大豆根际土壤线虫科属鉴定结果

Table 1 Soil nematodes families and genera identified in soybean rhizosphere

线虫目 Order	线虫科 Family	线虫属 Genus	丰度 Dominance	线虫营养类群 Trophic groups	
垫刃目 Tylenchida	垫刃科 Tylenchidae	垫刃属 <i>Ditylenchus</i>	++	植物寄生线虫	
		杆垫刃属 <i>Rhabdotylenchus</i>	+	Plant parasites(PP)	
		丝尾垫刃属 <i>Filenchus</i>	+		
	纽带科 Hoplolaimidae	螺旋属 <i>Helicotylenchus</i>		++	
			盘旋属 <i>Rotylenchus</i>	+	
		纽带属 <i>Hoplolaimus</i>	+		
		短体科 Pratylenchidae	短体属 <i>Pratylenchus</i>	+++	
	异皮科 Heteroderidae	胞囊属 <i>Heterodera</i>	+		
	环科 Criconematidae	小环属 <i>Criconemella</i>	+		
	针科 Paratylenchidae	针属 <i>Paratylenchus</i>	+		
	茎线虫科 Ditylenchidae	茎属 <i>Ditylenchus</i>	++++		
小杆目 Rhabditida	小杆科 Rhabditidae	小杆属 <i>Rhabditis</i>	+++	食细菌线虫	
	头叶科 Cephalobidae	头叶属 <i>Cephalobus</i>	++	Bacterivores(BF)	
		丽突属 <i>Acrobeles</i>	+		
滑刃目 Aphelenchida	真滑刃科 Aphelenchidae	真滑刃属 <i>Aphelenchus</i>	+	食真菌线虫	
	滑刃科 Aphelenchoidae	滑刃属 <i>Aphelenchoides</i>	++	Fungivores(FF)	
矛线目 Dorylaimida	矛线科 Dorylaimidae	矛线属 <i>Dorylaimus</i>	+++	杂食类线虫 Omnivores/Predator(OP)	

注: + < 10 条/100g 干土, ++ 10-20 条/100g 干土, +++ 20-40 条/100g 干土, ++++ > 40 条/100g 干土; Note: + < 10 nematodes/100g soil, ++ 10-20 nematodes/100g soil, +++ 20-40 nematodes/100g soil, ++++ > 40 nematodes/100g soil.

## 2 结果分析

### 2.1 土壤线虫的鉴定

经过对沈阳农业大学棕壤试验地各处理区土壤线虫进行分离鉴定和分析,共鉴定出4个目12个科17个属的土壤线虫。其中矛线科,小杆科,短体科和茎线虫科是所鉴定到的线虫中的优势科;植物寄生线虫中的优势属是短体属 *Pratylenchus* 和茎属 *Ditylenchus*; 自由生活线虫中的优势属是小杆属 *Rhabditis* 和矛线属 *Dorylaimus*。而丽突属 *Acrobeles*、纽带属 *Hoplolaimus* 和针属 *Paratylenchus* 只在个别处理中出现且数量很少(表1)。

### 2.2 土壤线虫总数

在大豆生长发育的各个关键期,涕灭威处理区土壤线虫总数的增长趋势显著低于对照区(图1),但播种期和开花期大豆田土壤线虫总数与对照区相一致,原因是播种期涕灭威随种子共同处理播种,取样一致,大豆开花期连续干旱少雨,使线虫群落数量增长受到抑制,而在大豆结荚期和成熟期对照区大豆根际土壤线虫数量迅速上升,显著高于处理。方差分析表明,在涕灭威处理区,土壤线虫总数在采样时

间、处理与对照之间、及采样时间与处理的交互效应中均发现了极显著性差异( $p < 0.01$ )。

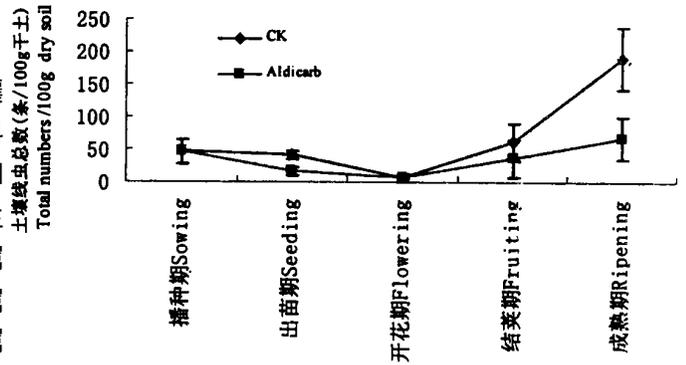


图1 涕灭威对大豆田土壤线虫总数影响  
Fig. 1 Total numbers of soil nematodes in soybean field by aldicarb

### 2.3 土壤线虫营养类群

从大豆生长关键期来看,植物寄生线虫(PP)是优势营养类群,食细菌线虫类群(BF)次之,杂食性线虫类群(OP)数量较少,食真菌线虫类群(FF)数量最少,由于开花期的干旱少雨,4个营养类群在此时期数量均最低(图2)。

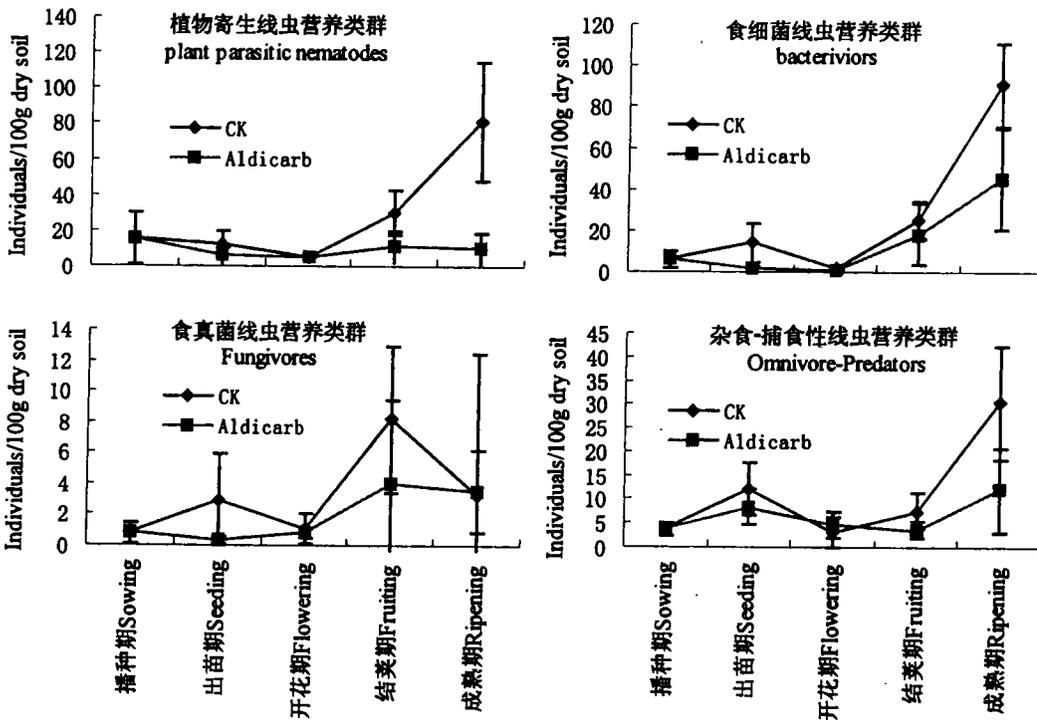


图2 涕灭威处理对大豆田土壤线虫各营养类群的影响

Fig. 2 Trophic groups of soil nematodes in soybean field by aldicarb

涕灭威对大豆田土壤线虫各营养类群种群数量的恢复均有强烈的抑制作用,尤其对植物寄生线虫

和捕食-杂食性线虫的抑制作用,直至大豆的成熟期其群体的数量恢复还很缓慢;相对而言,食细菌线

虫受抑制程度较轻,至大豆成熟期时种群数量增长较多,远高于种群初始密度,食真菌线虫次之,至成熟期时种群数量略高于播种期的种群初始密度。

对于这 4 种营养类群,在不同采样时间之间和处理与对照之间均存在极显著差异( $p < 0.01$ );但采样时间与处理之间,只有植物线虫营养类群和捕食-杂食性线虫营养类群存在极显著差异。

### 2.4 土壤线虫多样性指数

生态系统功能被认为是种群持续和某一特定水平生物多样性维持的一个重要因子;生物多样性是生态系统过程稳定性的一个重要因子,其中不同的物种和种群发挥着不同的作用,因而某一特殊的物种或种群的丧失可能导致生态系统功能的丧失。土

壤线虫的各功能营养类群能够较直观的反映种群动态的变化,但 Yeates 和 Bongers 等多数土壤线虫生态学者较为普遍的应用多样性指数来度量土壤线虫群落多样性<sup>[3, 6, 8~10]</sup>。

2.4.1 多样性指数  $H'$  (Diversity)  $H'$  指数是用于说明线虫生物多样性程度高低的一个指数。对于大豆的生长关键期而言,涕灭威处理与对照相比,显著降低了土壤线虫的多样性指数( $p < 0.01$ ),而且在不同采样时间上也存在极显著差异(图 3)。

2.4.2 均匀度指数  $J'$  (Evenness) 对于  $J'$  指数,在涕灭威处理区与对照之间没有发现显著性差异,这说明各处理对于土壤线虫群体数量的均匀分布无影响(图 3)。

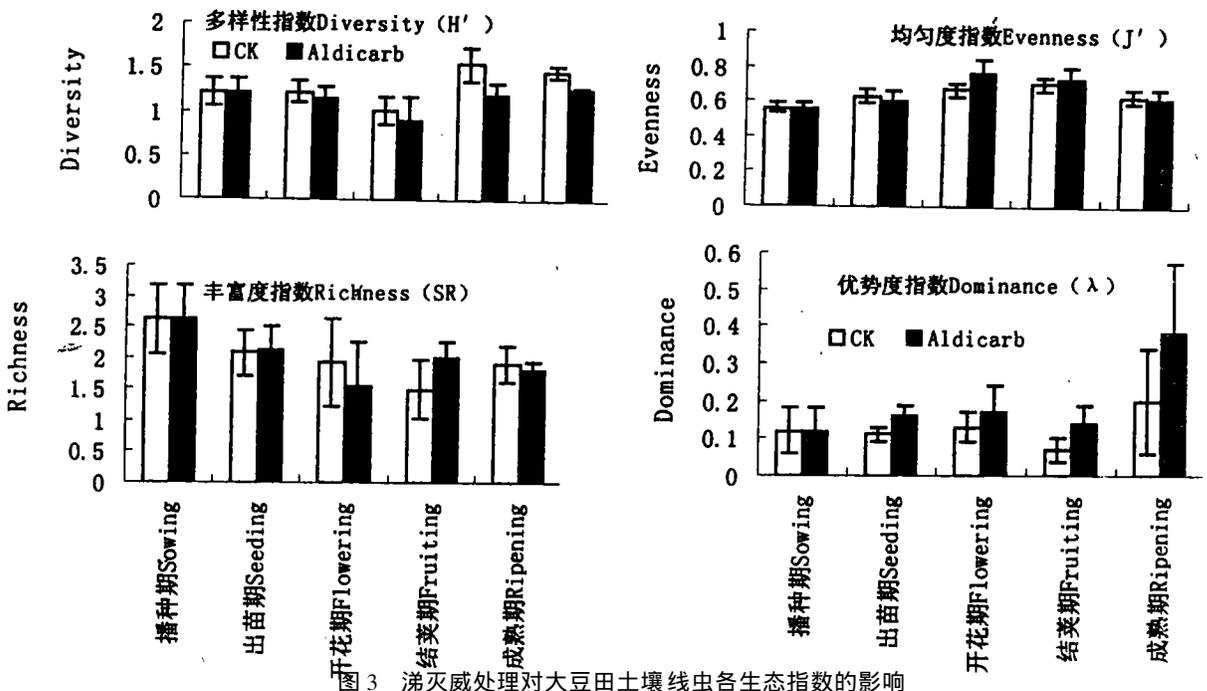


图 3 涕灭威处理对大豆田土壤线虫各生态指数的影响

2.4.3 丰富度指数 SR (Richness) 对于 SR 指数,在涕灭威处理与对照之间也没有显著性差异,除在大豆结荚期 SR 指数明显低于对照外,其它时期均与对照相一致。SR 指数的高低诠释了土壤线虫种类的丰富性问题(图 3)。

2.4.4 优势度指数  $\lambda$  (Dominance) 涕灭威处理区土壤线虫的优势度指数在不同的采样时期均显著高于对照( $p < 0.05$ ),尤其在大豆的结荚期和成熟期更明显。这说明涕灭威处理区中土壤线虫的优势种群比较单一,不利于土壤线虫群落的稳定性(图 3)。

2.4.5 自由生活线虫的成熟度指数 MI (Maturity Index) 对于大豆整个生育期而言,涕灭威处理区自由生活线虫的 MI 均略高于对照,但统计分析未达

到显著性差异(图 4)。MI 指数的高低意味着 r 选择和 k 选择土壤线虫的比例,显示线虫的生活周期、繁殖力和抗干扰能力的强弱等,常将 MI 指数用作监测农业生态系统的敏感特征值,监测农业生态系统和自然生境中氮素的吸收富集情况等。

2.4.6 植物寄生线虫的成熟度指数 PPI (Plant Parasite Index) PPI 指数是用于计算植物寄生线虫成熟度指数的一个线虫多样性指数,涕灭威处理与对照相比,除在大豆开花期 PPI 高于对照外,其它时期均低于对照,但统计分析显示差异不显著(图 4)。PPI 指数低,说明植物寄生线虫的抗干扰能力和繁殖能力均低于对照,也说明涕灭威对植物寄生线虫的抑制作用极为强烈。

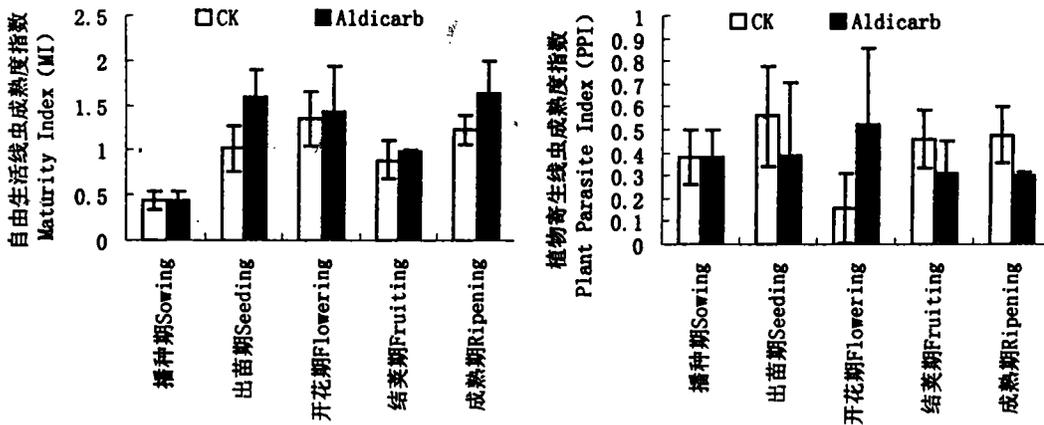


图4 涕灭威对大豆田土壤线虫成熟度指数 MI 和 PPI 的影响

Fig. 4 MI and PPI of soil nematodes in soybean field by Aldicarb

近年来,关于土壤无脊椎动物多样性作为农业生态系统变化或土壤健康生物指示作用的研究已成为国际土壤生态学研究领域的热点和前沿课题。Ruess 等<sup>[11]</sup>的研究显示,施肥能够增加一般的自由生活线虫的数量,尤其是 *Aphenlenchoides*; 施碳和杀细菌剂对线虫群落影响很小,而杀真菌剂显著降低了多数线虫种类的丰富度,但显著增加了抗性强的线虫种类。Chen 等<sup>[12]</sup>观察了施用除草剂和种衣剂的大豆田土壤线虫的群落结构和生物多样性,除草剂和种衣剂处理均可显著抑制土壤线虫的群体总数以及各营养类群线虫的数量,且 MI 指数更好的反映了土壤受干扰的程度。

### 3 结论与讨论

3.1 涕灭威处理显著抑制了大豆田土壤线虫的各营养类群的种群数量及其生育期群体恢复程度。在大豆的整个生育时期,涕灭威处理区土壤线虫总数和各营养类群均低于对照,植物寄生线虫始终是优势类群,至大豆生育末期,未处理区土壤线虫总体数量远高于线虫的初始密度;但涕灭威处理使植物寄生线虫和捕食-杂食性线虫的数量恢复程度远低于对照,几乎与播种期线虫的初始密度相一致。

3.2 涕灭威处理区  $H'$  显著低于对照,而  $\lambda$  则高于对照, $J'$  和 SR 与对照相一致,MI 略高于对照(无显著差异),而 PPI 则低于对照(开花期除外,无显著差异)。除  $J'$  和 SR 外,其他 4 种生态指数在分析涕灭威处理对土壤线虫多样性的影响上都是有效的。在大豆多数生育时期,处理区的  $H'$  降低和  $\lambda$  的增高,说明涕灭威处理降低了土壤线虫类群的多样性和稳

定性,使土壤线虫种群趋向单一化,对土壤线虫的生物多样性产生不良影响。

3.3 涕灭威因其自身具有高效杀线虫作用,不但显著降低了植物寄生线虫的数量,也降低了食细菌线虫和杂食性线虫的数量;同时涕灭威在一定程度上提高了土壤线虫的优势度和成熟度指数,并降低线虫的多样性指数和非植物寄生线虫成熟度指数;这些作用使土壤线虫种群趋向单一化,对土壤线虫的生物多样性产生不良影响,并且不利于土壤线虫微生态区系的平衡与稳定。

从本研究中可以明确,分析线虫的营养类群有助于估计土壤线虫对杀线剂的反应;线虫生态指数可以指示杀线剂对农田生态系统中土壤线虫群落的干扰程度。各种化学药剂对土壤线虫产生十分巨大的影响,而且各种药剂的杀线机理不同,对不同线虫的营养类群的影响也不相同,因此以土壤线虫群落及生物多样性为研究对象将有可能揭示化学农药对土壤生态系统的干扰程度,从而为农业的可持续发展提供理论指导。

### 参 考 文 献:

- 1 刘维志. 植物病原线虫学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- 2 Yeates G W, Bongers T, De Goede R G M, et al. Feeding habits in soil nematode families and genera an outline for soil ecologists [J]. Journal of Nematology, 1993, 25(3): 315-331.
- 3 梁文举, 张万民, 李维光, 等. 施用化肥对黑土地区线虫群落组成及多样性产生的影响[J]. 生物多样性, 2001, 9(3): 237-240.
- 4 Bongers T, Ferris H. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring[J]. Tree, 1999, 14: 224-228.
- 5 Neher D A. Role of nematodes in soil health and their use as indi

- cators[J]. *Journal of Nematology*, 2001, 33: 161–168.
- 6 Yeates G W, Bongers T. Nematode diversity in agroecosystems [J]. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 1999, 74: 113–115.
- 7 梁文举, 史奕. 农业生态系统线虫多样性研究进展[J]. *应用生态学报*, 2000, 1(增刊): 1–4.
- 8 Bongers T. The Maturity Index, the evolution of nematode life history traits: adaptive radiation and cp scaling[J]. *Plant and Soil*, 1999, 212: 13–22.
- 9 Yeates G W, D A Wardle, R N Watson. Responses of soil nematode populations, community structure, diversity and temporal variability to agricultural intensification over a seven year period [J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 1999, 31: 1721–1733.
- 10 Bongers T. The maturity index: An ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition [J]. *Oecologia*, 1990, 83: 14–19.
- 11 Ruess L, Schmidt I K, Michelsen A, et al. Responses of nematode species composition to factorial addition of carbon, fertilizer, bactericide and fungicide at two sub arctic sites[J]. *Nematology*, 2002, 4: 527–539.
- 12 Chen L J, Li Q, Liang W J. Effect of agrochemicals on nematode community structure in a soybean field[J]. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 2003, 71: 755–760.

## EFFECTS OF ALDICARB ON COMMUNITY STRUCTURE AND BIO DIVERSITY OF SOIL NEMATODES IN SOYHEAN FIELD

Chen Lijie<sup>1</sup> Duan Yuxi<sup>1</sup> Liang Wenju<sup>2</sup> Li Yongfeng<sup>1</sup>

(1. *Plant Nematology Laboratory, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161;*

2. *Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Science, Shenyang 110016)*

**Abstract** Soil nematodes played significant roles in the agroecosystems, except some plant parasitic nematodes can infest in crops. Aldicarb could control plant nematode diseases, such as soybean cyst nematode and root knot nematode. Relationships between nematode community structure and bio diversity with Aldicarb were examined in soybean plots on brown soil in Shenyang city, China. The result indicated: whether in the CK plots or treatment plots, plant parasites nematodes, being dominant trophic groups, were inhibited across the whole growing periods of soybean, while fungivores and omnivores predators were the least abundant groups. The total numbers of nematode, trophic groups and diversity indices ( $H'$ ) were significantly different between sampling dates ( $P < 0.01$ ). Plant parasites were decreased, but also community structure of free living nematodes was reduced by aldicarb. The ecological balance and stability of soil nematodes was destroyed by chemical nematicide. Among the indices tested,  $H'$  and  $\lambda$  were effective in analyzing nematicide influenced soil nematodes.

**Key words** Soybean; Aldicarb; Soil nematodes; Trophic groups; Bio diversity