



# Formosan Entomologist

Journal Homepage: [entsocjournal.yabee.com.tw](http://entsocjournal.yabee.com.tw)

## Effects of Fertilizers and Insecticides in Soil on the Persistence of the Entomopathogenic Nematode, *Steinernema abbasi* (Rhabditida: Steinernematidae) 【Research report】

### 土壤中肥料及殺蟲劑對蟲生線蟲 *Steinernema abbasi* (Rhabditida: Steinernematidae) 持效力之影響【研究報告】

Chih-Fang Pai and Roger F. Hou\*  
白志方、侯豐男\*

\*通訊作者E-mail: [rhhou@dragon.nchu.edu.tw](mailto:rhhou@dragon.nchu.edu.tw)

Received: 2005/01/14 Accepted: 2005/03/02 Available online: 2005/03/01

#### Abstract

Effects of insecticides and chemical and organic fertilizers on the persistence of infective juveniles (IJ) of the entomopathogenic nematode, *Steinernema abbasi*, in soil were examined in the laboratory. Larval mortality of the greater wax moth, *Galleria mellonella*, within 32 days caused by the nematode was regarded as the criterion for evaluating nematode persistence in the soil containing fertilizers, while the number of nematodes in insect larvae was regarded as the criterion for the insecticide experiments. In soil containing nondecomposed organic fertilizers, nematode persistence was low; whereas in soil containing 0.5%~2.0% decomposed organic fertilizer made of cattle, pig, or chicken feces, nematodes persisted for 32 days. However, in soil containing chemical fertilizers, nematode persistence was severely hampered. *Steinernema abbasi* was found to be compatible with six commonly used insecticides in vegetables, i.e., omethoate, fenvalerate, permethrin, bifenthrin, acephate, and cyromazine. These insecticides did not markedly affect nematode persistence in the soil.

#### 摘要

在實驗室內，分別測定化學肥、有機肥及殺蟲劑等對 *Steinernema abbasi* 之感染期第三齡蟲 (infective juvenile, IJ) 持效力之影響。以線蟲在32日內引起的大蠟蛾 (*Galleria mellonella*) 末齡蟲死亡率為評估在含肥料的土壤中線蟲持效力的標準，而在大蠟蛾幼蟲體內建立的線蟲數目則做為殺蟲劑試驗之依據。土壤含未腐熟有機肥時，*S. abbasi* 的持效力明顯降低，但若土壤含0.5~2.0%之牛糞、豬糞及雞糞等腐熟有機肥時，該線蟲得以維持適當的持效力至32日止。土壤含化學肥時，*S. abbasi* 之殺蟲效力會受到嚴重的負面影響。*S. abbasi* 與歐滅松 (omethoate)、芬化利 (fenvalerate)、百滅寧 (permethrin)、畢芬寧 (bifenthrin)、歐殺松 (acephate) 及賽滅淨 (cyromazine) 等六種常用於蔬菜之殺蟲劑具適當的相容性，且此等藥劑對線蟲在土壤之持效力影響不顯著。

**Key words:** *Steinernema abbasi*, *Galleria mellonella*, persistence, insecticides, fertilizers

**關鍵詞:** 蟲生線蟲、大蠟蛾、持效力、殺蟲劑、肥料

Full Text: [PDF\(0.64 MB\)](#)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: <http://entsocjournal.yabee.com.tw>

# 土壤中肥料及殺蟲劑對蟲生線蟲 *Steinernema abbasi* (Rhabditida: Steinernematidae) 持效力之影響

白志方 侯豐男\* 國立中興大學昆蟲學系 台中市南區國光路 250 號

## 摘 要

在實驗室內，分別測定化學肥、有機肥及殺蟲劑等對 *Steinernema abbasi* 之感染期第三齡蟲 (infective juvenile, IJ) 持效力之影響。以線蟲在 32 日內引起的大蠟蛾 (*Galleria mellonella*) 末齡蟲死亡率為評估在含肥料的土壤中線蟲持效力的標準，而在大蠟蛾幼蟲體內建立的線蟲數目則做為殺蟲劑試驗之依據。土壤含未腐熟有機肥時，*S. abbasi* 的持效力明顯降低，但若土壤含 0.5~2.0% 之牛糞、豬糞及雞糞等腐熟有機肥時，該線蟲得以維持適當的持效力至 32 日止。土壤含化學肥時，*S. abbasi* 之殺蟲效力會受到嚴重的負面影響。*S. abbasi* 與歐滅松 (omethoate)、芬化利 (fenvalerate)、百滅寧 (permethrin)、畢芬寧 (bifenthrin)、歐殺松 (acephate) 及賽滅淨 (cyromazine) 等六種常用於蔬菜之殺蟲劑具適當的相容性，且此等藥劑對線蟲在土壤之持效力影響不顯著。

**關鍵詞：**蟲生線蟲、大蠟蛾、持效力、殺蟲劑、肥料。

## 前 言

蟲生線蟲之寄主範圍涵蓋昆蟲綱中多目 (order) 及多科 (family) 昆蟲，對寄主具高感染力，可在短時間內殺死寄主，易利用活體或人工培養基大量繁殖並長期保存，對脊椎動物或植物不會造成負面影響 (Poinar, 1990)。在國外，已有多篇報告指出蟲生線蟲對玉米幼芽根葉甲蟲 (*Diabrotica virgifera virgifera*)、棉鈴蟲 (*Helicoverpa zea*)、日本金龜子 (*Popillia japonica*)、葡萄黑耳喙象

(*Otiorhynchus sulcatus*) 等農業重要土壤害蟲，具顯著的防治效力 (Feaster and Steinkraus, 1996; Wilson *et al.*, 1999; Journey and Ostlie, 2000; Koppenhöfer *et al.*, 2002)。應用蟲生線蟲防治土棲害蟲時，由於在農業耕作體系下，人為加諸於土壤中的殺蟲劑、化學肥料及有機肥料等化學因子對蟲生線蟲造成不同的影響 (Zhang *et al.*, 1994; Bednarek and Gaugler, 1997; Hsiao and All, 1997; Shapiro *et al.*, 1999; Nardo and Grewal, 2003)。故探討土壤環境對線蟲持效

\*論文聯繫人  
e-mail: rhou@dragon.nchu.edu.tw

力間之關係，將可提供攸關蟲生線蟲能否有效地防治土壤害蟲的重要條件。

蟲生線蟲，*Steinernema abbasi* (Nematoda: Steinernematidae)，全世界第一個採集地點是 Oman (Elawad *et al.*, 1997)。本試驗所採用之線蟲雖與上述之線蟲為同種，但係採自花蓮縣之土壤樣品中分離所得 (Liao *et al.*, 2001)。台灣是該線蟲在全世界中第二個發現地，同時也是文獻中台灣第一種發表之本地產蟲生線蟲。本試驗目的在於探討土壤中因施用殺蟲劑、化學肥料及動物性有機肥等對 *S. abbasi* 持效力之影響。另外，*S. abbasi* 與殺蟲劑之相容性，亦需加以測定，俾能提供符合該線蟲施用於土壤之農耕條件，使線蟲能發揮在土壤害蟲的防治之效用。

## 材料與方法

### 一、供試大蠟蛾 (*Galleria mellonella*)

於 1999 年 2 月間，自彰化縣員林鎮之廢棄蜂箱中，採得 250 隻大蠟蛾末齡蟲。將蟲體攜回置於飼育室 ( $26 \pm 1^\circ\text{C}$ ， $70 \pm 10\%$  RH，光週期 13L:11D) 內，以人工飼料 (麥粉 200 g，奶粉 100 g，甘油 150 ml，蜂蜜 150 ml) 進行累代飼育。

### 二、蟲生線蟲 (*S. abbasi*)

於 1998 年元月間，由國立中興大學昆蟲學系昆蟲病理學研究室自花蓮縣秀林鄉所採得經分離及鑑定為 *S. abbasi* (Liao *et al.*, 2001)。在  $26^\circ\text{C}$  飼育室中，依 Dutky *et al.* (1964) 之方法，利用大蠟蛾末齡蟲進行活體繁殖線蟲；另依 White (1927) 之方法，收集感染期線蟲。再利用海綿吸附線蟲，置於內徑 55 mm 的培養皿中，並保存於  $20^\circ\text{C}$ 。在所有試驗中，僅選用保存期不超過三個月之線蟲進

行以下之試驗。試驗前，逢機吸取適量感染期第三齡蟲 (infective juvenile, IJ) 加至 100 ppm oxamyl solution 中，於解剖顯微鏡下檢測其存活率，僅選取存活率高於 95% 之經保存線蟲進行試驗。

### 三、動物性有機肥對 *S. abbasi* 持效力影響之測定

自彰化市銀行山酪牛牧場、台中縣烏日鄉養豬場及彰化縣竹塘鄉養雞場收集牲口排泄之糞便若干。各樣品取 5 kg 新鮮糞便風乾處理 7 日；剩餘糞便則進行 3~5 月堆肥處理後，風乾 7 日。上述之堆肥依 Lin (1994) 之方法，判定堆肥腐熟度，該法如下：秤取 5 g 乾糞，置入 250 ml 三角瓶中，加入 100 ml 水，再將三角瓶置於  $80^\circ\text{C}$  恆溫水箱持續振盪 1 h。冷卻後，以紗布及濾紙過濾之；取 10 ml 萃取液注入培養皿之濾紙上，撒播蘿蔔 (*Brassica rapa* L.) 種子 50 粒。於常溫下，經三日後觀察發芽率。種子發芽率達 100% 者表示堆肥腐熟度完全。

秤取 25 g 砂壤土 (採自彰化縣福興鄉含 74% sand, 16% slit, 10% clay, pH 6.3；在  $200^\circ\text{C}$  殺菌 8 h) 置入塑膠罐中，添加上述之腐熟肥，並配製成 0.5、1.0、2.0 及 4.0% (w/w) 之試驗用土 (土壤添加腐熟肥後，以攪拌棒迅速混拌 3 min)，吸取 500 IJs 滴於土表中心處，計 3 (處理)  $\times$  4 (濃度)  $\times$  6 (時間)  $\times$  5 (重複) = 360 個樣品；土壤未添加有機肥者為對照組。另處理一組添加 1.0% 上述三種之未腐熟肥 (蔬菜區慣行農法中，施用有機肥之常用濃度)，計 3 (處理)  $\times$  6 (時間)  $\times$  5 (重複) = 90 個樣品。最後將塑膠罐置入  $26^\circ\text{C}$  恆溫箱中 ( $70 \pm 10\%$  RH, 全暗)。經第 0、2、4、8、16 及 32 日後，將罐中土壤倒入培養皿內，並移入 10 隻大蠟蛾末齡蟲。經 48 h 後，調查死亡蟲

數。試驗期間土壤含水量維持 8~10%。

#### 四、化學肥料對 *S. abbasi* 持效力影響之測定

選定台肥複合肥 1 號<sup>®</sup> (含 N, 20%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 5%; K<sub>2</sub>O, 10%, 台灣肥料公司出品) 進行測試。秤取 25 g 砂壤土置入塑膠罐後, 添加上述化學肥料, 並配製成含 0.05、0.1 及 0.5% (w/w) 肥料之試驗土 (土壤添加化學肥料後, 以攪拌棒迅速混拌 3 min), 將 500 IJs 滴於土表中心處, 計 4 (處理) × 6 (時間) × 5 (重複) = 120 個樣品; 以未添加化學肥之土壤為對照組。最後將塑膠罐置入 26°C 恆溫箱中。經第 0、2、4、8、16 及 32 日後, 將罐中土壤倒入培養皿內, 並移入 10 隻大蠟蛾末齡蟲。經 48 h 後, 調查死亡蟲數。試驗期間土壤含水量維持 8~10%。

#### 五、殺蟲劑對 *S. abbasi* 之影響測定

參考植物保護手冊所推薦之蔬菜害蟲殺蟲劑, 選取蔬菜田間常用十一種藥劑, 即 24% 歐殺滅 (oxamyl; S)、50% 歐滅松 (omethoate; S)、24% 納乃得 (methomyl; S)、22.5% 陶斯松 (chlorpyrifos; EC)、40% 滅大松 (methidathion; EC)、20% 芬化利 (fenvalerate; EC)、10% 百滅寧 (permethrin; EC)、2.8% 畢芬寧 (bifenthrin; EC)、75% 歐殺松 (acephate; WP)、90% 萬靈 (methomyl; WP) 及 75% 賽滅淨 (cyromazine; WP) 等進行本試驗。各藥劑利用去離子水配製成 10、100、500 及 1000 µl/ml (AI) 備用。

##### 1. 相容性

於 26°C 下, 取 5 ml 上述製備之藥劑注入 5 cm 玻璃培養皿中, 並移入 ca. 50,000 IJs。經 48 h 後, 逢機選取 100 IJs, 於解剖顯微鏡下, 依 Rovesti *et al.* (1988) 之方法, 記錄殺蟲劑對線蟲的毒性強弱, 並調查線蟲存活情

形。試驗重複五次。

取 100 及 500 µl/ml 殺蟲劑處理後之線蟲進行感染力測定。由於線蟲經 500 µl/ml 陶斯松、滅大松、芬化利、百滅寧及畢芬寧處理後, 死亡率已超過 70%, 故僅針對其餘 7 種該劑量藥劑處理後之線蟲進行試驗。取一濾紙置入 55 mm 培養皿中, 並吸取 0.4 ml (約 100 IJs) 線蟲懸浮液滴於濾紙中心處; 單獨加水者為對照組。培養皿內移入 10 隻大蠟蛾末齡蟲。試驗重複四次。經 48 h 後, 調查幼蟲死亡情形。

##### 2. 持效力

選定歐滅松、芬化利、畢芬寧、歐殺松及賽滅淨等五種藥劑進行測試。各藥劑分別依其田間推薦劑量配製備用。秤取 25 g 砂壤土置入 60 ml 玻璃採樣瓶後, 添加上述藥劑, 並將土壤含水量調控至 10%。將 200 IJs 滴於土表中心處, 計 6 (處理) × 5 (時間) × 5 (重複) = 150 個樣品; 未加入藥劑之土壤為對照組。最後將玻璃瓶置入 26°C 恆溫箱中。第 0、2、4、8 及 16 日時, 將瓶中土壤倒入培養皿內, 利用 12 mesh 不銹鋼網, 將單隻大蠟蛾末齡蟲固定於土壤中心處, 進行線蟲誘釣工作。經 48 h 後, 解剖蟲體並調查侵入蟲體之線蟲數。試驗期間土壤含水量維持 8~10%。

#### 六、數據分析

幼蟲死亡率依 Abbot's formula (Abbott, 1925) 計算校正死亡率後, 經 arcsin-square-root transformation 後, 以 Fisher's LSD test ( $p \leq 0.05$ ) 分析處理間差異。

## 結 果

#### 一、動物性有機肥對 *S. abbasi* 持效力之影響

未腐熟牛糞處理組中, 第 0 日時, 線蟲引起幼蟲的死亡率即低於腐熟處理者 ( $F =$

表一 蟲生線蟲在含 1% 動物糞便土壤中經不同時間後引起大蠟蛾之幼蟲死亡率

Table 1. Larval mortality (mean  $\pm$  SD) of *Galleria mellonella* ( $n = 10$ ) caused by *Steinernema abbasi* (500 IJs) in soil containing 1% animal feces after treatment <sup>1)</sup>

Animal feces	Treatment	Mortality (%)					
		Days after releasing nematodes in sandy loam					
		0	2	4	8	16	32
Cattle	Decomposed	100a <sup>2)</sup>	94.0 $\pm$ 5.5b	94.0 $\pm$ 8.9a	86.0 $\pm$ 11.4a	90.0 $\pm$ 14.1a	82.0 $\pm$ 13.0a
	Nondecomposed	74.0 $\pm$ 11.4c	76.0 $\pm$ 11.4c	56.0 $\pm$ 19.5b	54.0 $\pm$ 19.5b	32.0 $\pm$ 13.0b	2.0 $\pm$ 4.5b
	Control	90.0 $\pm$ 10.0b	100a	94.0 $\pm$ 5.5a	86.0 $\pm$ 11.4a	94.0 $\pm$ 5.5a	84.0 $\pm$ 15.2a
	<i>F</i> value	14.59	22.18	9.57	4.67	16.17	52.73
Chicken	Decomposed	94.0 $\pm$ 5.5a	92.0 $\pm$ 8.4a	92.0 $\pm$ 8.4a	80.0 $\pm$ 7.1a	76.0 $\pm$ 15.2a	74.0 $\pm$ 11.4a
	Nondecomposed	92.0 $\pm$ 8.4a	80.0 $\pm$ 15.8a	70.0 $\pm$ 10.0b	46.0 $\pm$ 11.4b	18.0 $\pm$ 8.4b	0b
	Control	90.0 $\pm$ 10.0a	88.0 $\pm$ 8.4a	92.0 $\pm$ 8.4a	90.0 $\pm$ 10.0a	82.0 $\pm$ 8.4a	86.0 $\pm$ 8.9a
	<i>F</i> value	1.71	0.73	6.85	15.76	33.39	82.42
Pig	Decomposed	90.0 $\pm$ 7.1a	92.0 $\pm$ 8.4a	90.0 $\pm$ 7.1a	90.0 $\pm$ 10.0a	84.0 $\pm$ 11.4a	76.0 $\pm$ 5.5b
	Nondecomposed	88.0 $\pm$ 8.4a	82.0 $\pm$ 8.4b	46.0 $\pm$ 11.4b	40.0 $\pm$ 12.2b	10.0 $\pm$ 17.3b	0c
	Control	90.0 $\pm$ 7.1a	96.0 $\pm$ 5.5a	88.0 $\pm$ 8.4a	90.0 $\pm$ 12.2a	88.0 $\pm$ 8.4a	86.0 $\pm$ 11.4a
	<i>F</i> value	1.00	16.04	21.37	49.94	109.21	164.87

<sup>1)</sup> There were five replicates in each treatment.

<sup>2)</sup> Means in the same column followed by the same lowercase letters are not significantly different at  $p \leq 0.05$  by Fisher's LSD test.

表二 蟲生線蟲在含不同濃度分解後牛糞土壤中經不同時間後引起大蠟蛾之幼蟲死亡率

Table 2. Larval mortality (mean  $\pm$  SD) of *Galleria mellonella* ( $n = 10$ ) caused by *Steinernema abbasi* (500 IJs) in soil with decomposed cattle feces at different concentrations after treatment <sup>1)</sup>

Conc. (%)		Larval mortality (%)						<i>F</i> value
		Days after releasing nematodes in sandy loam						
		0	2	4	8	16	32	
0.5	100Aa <sup>2)</sup>	96.0 $\pm$ 5.5abAB	94.0 $\pm$ 8.9aAB	84.0 $\pm$ 11.4abBC	84.0 $\pm$ 11.4abBC	76.0 $\pm$ 13.4aC	4.87	
1.0	100Aa	94.0 $\pm$ 5.5abAB	94.0 $\pm$ 8.9aAB	86.0 $\pm$ 11.4abB	90.0 $\pm$ 14.1aAB	82.0 $\pm$ 13.0aB	2.35	
2.0	96.0 $\pm$ 8.9abA	94.0 $\pm$ 5.5abA	92.0 $\pm$ 8.4abAB	88.0 $\pm$ 13.0aAB	86.0 $\pm$ 11.4abAB	76.0 $\pm$ 16.7aB	1.85	
4.0	92.0 $\pm$ 11.4abA	90.0 $\pm$ 10bA	88.0 $\pm$ 13.0bA	66.0 $\pm$ 16.7bB	72.0 $\pm$ 13.0bB	34.0 $\pm$ 15.2bC	9.38	
Control	90.0 $\pm$ 10.0bAB	100aA	94.0 $\pm$ 5.5aAB	86.0 $\pm$ 11.4abB	94.0 $\pm$ 5.5aAB	84.0 $\pm$ 15.2aB	2.17	
<i>F</i> value	2.51	1.71	2.06	2.01	3.01	6.50	-	

<sup>1)</sup> There were five replicates in each treatment.

<sup>2)</sup> Means in the same column followed by the same lowercase letters and in the same row followed by the same uppercase letters are not significantly different at  $p \leq 0.05$  by Fisher's LSD test.

14.59;  $df = 2, 12$ ) (Table 1); 於 4 日時，未腐熟處理組之幼蟲死亡率降至 56.0%，而腐熟處理組仍高達 94.0%；於 32 日時，未腐熟處理組之幼蟲死亡率僅 2.0%。線蟲於未腐熟雞糞及豬糞中，於 4 日時，對幼蟲致死率為 70.0% 及 46.0%，亦低於腐熟處理者；而 16 日時，

腐熟處理組之幼蟲死亡率仍與對照組無顯著差異，但未腐熟處理組則降至 20% 以下 ( $F > 3.89$ ;  $df = 2, 12$ )。

在 0.5~4.0% 腐熟牛糞中，0~16 日內，線蟲引起幼蟲的死亡率  $\geq 66.0\%$  (Table 2)；在 32 日時，4% 處理組之幼蟲死亡率為 34.0%，

表三 蟲生線蟲在含不同濃度分解後雞糞土壤中經不同時間後引起大蠟蛾之幼蟲死亡率

Table 3. Larval mortality (mean  $\pm$  SD) of *Galleria mellonella* ( $n = 10$ ) caused by *Steinernema abbasi* (500 IJs) in soil with decomposed chicken feces at different concentrations after treatment<sup>1)</sup>

Conc. (%)	Larval mortality (%)							F value
	Days after releasing nematodes in sandy loam							
	0	2	4	8	16	32		
0.5	96.0 $\pm$ 5.5abAB <sup>2)</sup>	100aA	92.0 $\pm$ 8.4aABC	88.0 $\pm$ 8.4aBCD	84.0 $\pm$ 5.5aCD	80.0 $\pm$ 7.1aD	6.49	
1.0	94.0 $\pm$ 5.5abA	92.0 $\pm$ 8.4abA	92.0 $\pm$ 8.4aA	80.0 $\pm$ 7.1aB	76.0 $\pm$ 15.2aB	74.0 $\pm$ 11.4aB	7.09	
2.0	100aA	94.0 $\pm$ 5.5abAB	96.0 $\pm$ 5.5aAB	88.0 $\pm$ 13.0aBC	80.0 $\pm$ 7.1aCD	76.0 $\pm$ 11.4aD	6.58	
4.0	96.0 $\pm$ 5.5aA	94.0 $\pm$ 8.9abA	98.0 $\pm$ 4.5aA	82.0 $\pm$ 13.0aB	38.0 $\pm$ 8.4bC	22.0 $\pm$ 14.8bD	70.68	
Control	90.0 $\pm$ 10.0bA	88.0 $\pm$ 8.4bA	92.0 $\pm$ 8.4aA	90.0 $\pm$ 10.0aA	82.0 $\pm$ 8.4aA	86.0 $\pm$ 8.9aA	0.79	
F value	1.83	1.66	0.76	1.44	18.18	13.40	-	

<sup>1)</sup> There were five replicates in each treatment.

<sup>2)</sup> Means in the same column followed by the same lowercase letters and in the same row followed by the same uppercase letters are not significantly different at  $p \leq 0.05$  by Fisher's LSD test.

表四 蟲生線蟲在含不同濃度分解後豬糞土壤中經不同時間後引起大蠟蛾之幼蟲死亡率

Table 4. Larval mortality (mean  $\pm$  SD) of *Galleria mellonella* ( $n = 10$ ) caused by *Steinernema abbasi* (500 IJs) in soil with decomposed pig feces at different concentrations after treatment<sup>1)</sup>

Conc. (%)	Larval mortality (%)							F value
	Days after releasing nematodes in sandy loam							
	0	2	4	8	16	32		
0.5	100Aa <sup>2)</sup>	92.0 $\pm$ 8.4aB	94.0 $\pm$ 5.5aAB	88.0 $\pm$ 8.4aBC	78.0 $\pm$ 8.4aC	76.0 $\pm$ 11.4abC	7.45	
1.0	90.0 $\pm$ 7.1bA	92.0 $\pm$ 8.4aA	90.0 $\pm$ 7.1aA	90.0 $\pm$ 10.0aA	84.0 $\pm$ 11.4aAB	76.0 $\pm$ 5.5abB	2.31	
2.0	94.0 $\pm$ 8.9abA	88.0 $\pm$ 8.4aAB	90.0 $\pm$ 7.1aAB	90.0 $\pm$ 10.0aAB	78.0 $\pm$ 11.0aBC	62.0 $\pm$ 8.4bC	5.13	
4.0	90.0 $\pm$ 7.1bA	90.0 $\pm$ 7.1aA	90.0 $\pm$ 12.2aA	70.0 $\pm$ 14.1bB	36.0 $\pm$ 11.4bC	14.0 $\pm$ 13.4cD	21.28	
Control	90.0 $\pm$ 7.1bA	96.0 $\pm$ 5.5aA	88.0 $\pm$ 8.4aA	90.0 $\pm$ 12.2aA	88.0 $\pm$ 8.4aA	86.0 $\pm$ 11.4aA	0.70	
F value	3.69	0.90	0.49	3.66	16.32	19.26	-	

<sup>1)</sup> There were five replicates in each treatment.

<sup>2)</sup> Means in the same column followed by the same lowercase letters and in the same row followed by the same uppercase letters are not significantly different at  $p \leq 0.05$  by Fisher's LSD test.

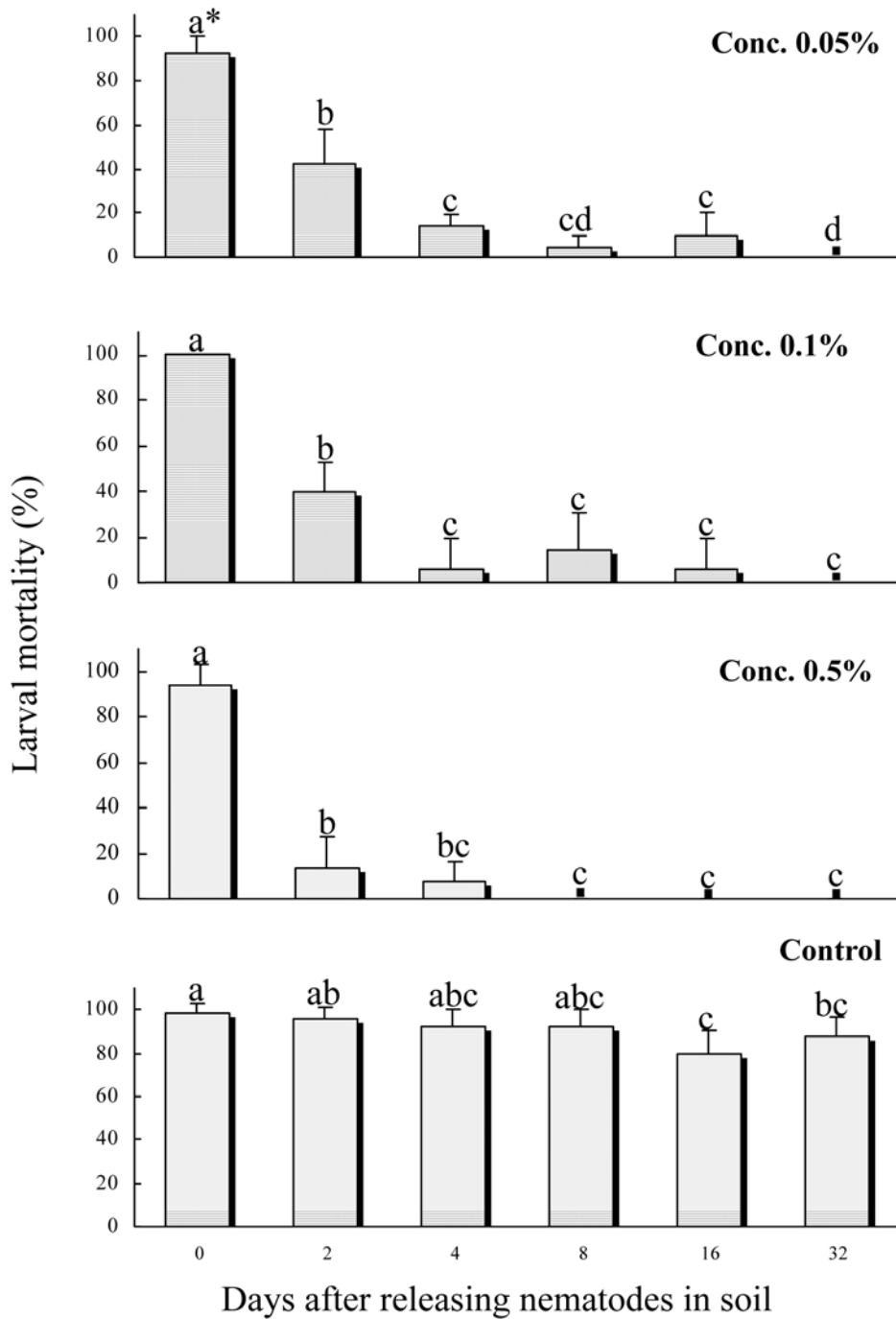
低於另三組處理 ( $F = 6.50$ ;  $df = 4, 20$ )。線蟲於 0.5~2.0%處理中，其持效力受時間的影響不顯著，僅 32 日時略降；4%處理中，線蟲持效力會隨時間的延長而遞減 ( $F = 9.38$ ;  $df = 5, 24$ )。

在 0.5~4.0%腐熟雞糞，0~8 日內，線蟲引起幼蟲的死亡率  $\geq 80.0\%$  (Table 3)；在 16 日時，4.0%處理之幼蟲死亡率顯著低於另三組處理者 ( $F = 18.18$ ;  $df = 4, 20$ )。在 0.5~4.0%處理中，0~4 日內，四處理組的線蟲持效力

受時間影響不顯著；但 8~32 日內，線蟲持效力則會隨處理時間的延長而漸減 ( $F > 2.62$ ;  $df = 5, 24$ )。另外腐熟豬糞試驗與腐熟雞糞試驗之結果相近 (Table 4)。

## 二、化學肥料對 *S. abbasi* 持效力之影響

土壤添加台肥 1 號肥之三劑量處理中，線蟲持效力明顯隨時間的延長而遞減，在肥料濃度為 0.05%時，第 4 天幼蟲死亡率已降低於 20%，至第 32 天死亡率為零，在濃度為 0.1%



圖一 蟲生線蟲在土壤中含台肥一號 32 內引起大蠟蛾之幼蟲死亡率。

Fig. 1. Larval mortality (mean  $\pm$  SD) of *Galleria mellonella* caused by *Steinernema abbasi* in soil with no. 1 fertilizer (Taiwan Fertilizer Co.) for 32 days. \* Means followed by the same letters are not significantly different in a chart at  $p \leq 0.05$  by Fisher's LSD test.

表五 十一種殺蟲劑對蟲生線蟲之毒性

Table 5. Toxicity of 11 insecticides to *Steinernema abbasi*

Insecticide	Microscopic assessment of nematodes <sup>1)</sup>				Mortality of nematodes after dipping in insecticide for 48 h (%) <sup>2)</sup>			
	Conc. (µg/ml)				Conc. (µg/ml)			
	1000	500	100	10	1000	500	100	10
Oxamyl	+++	+++	+++	+	0	0	0	0
Omethoate	+++	+++	+	0	0	0	0	0
Methomyl (SL)	++++	++++	+++	++	0	0	0	0
Chlorpyrifos	-	-	+++	+++	100	100	8.8	0
Methidathion	-	-	+++	+++	100	100	4.8	0
Fenvalerate	++++	++++	+	0	97.8	76.6	0	0
Permethrin	-	++++	++	0	100	96.0	0	0
Bifenthrin	-	++++	++	0	100	96.6	0	0
Acephate	+++	++	0	0	0	0	0	0
Methomyl (WP)	++++	++++	+++	+++	8.4	0	0	0
Cyromazine	+	+	0	0	0	0	0	0

<sup>1)</sup> -, IJs apparently dead (motionless, straight posture, not responding to prodding); +, IJs still, in a curled, coiled or straight posture, generally not responding to prodding); +++, less than 50% IJs mobile, generally in a coiled or curled posture; ++, more than 50% IJs mobile; +, hardly affected compared to the control; 0, normal.

<sup>2)</sup> One hundred IJs observed in five replicates.

及 0.5%時幼蟲死亡率與濃度 0.05%時相似 ( $F > 2.62$ ;  $df = 5, 24$ ) (Fig. 1)；僅第 0 天時，線蟲對幼蟲將近 100%之感染力；第 2 日時，線蟲引起幼蟲的死亡率即降至 42.0%以下。然而，對照組中，線蟲持效力則受時間的影響不顯著，僅 16、32 日時幼蟲死亡率略降，但仍維持 80.0%以上 ( $F = 2.92$ ;  $df = 5, 24$ )。

### 三、殺蟲劑對 *S. abbasi* 之影響

在 100 µg/ml 下，十一種藥劑引起線蟲的死亡率僅為 0~8.8%，但歐殺滅、納乃得、陶斯松及滅大松等藥劑處理之線蟲具明顯的中毒現象；在 500 µg/ml 下，陶斯松、芬化利、百滅寧及畢芬寧等藥劑則對線蟲的致死率達 76.6~100% (Table 5)。芬化利、百滅寧、畢芬寧及賽滅淨之田間推薦劑量與 100 µg/ml 相近，且線蟲經該等藥劑 100 µg/ml 處理後仍對大蠟蛾幼蟲具高死亡率；而歐滅松與歐殺松

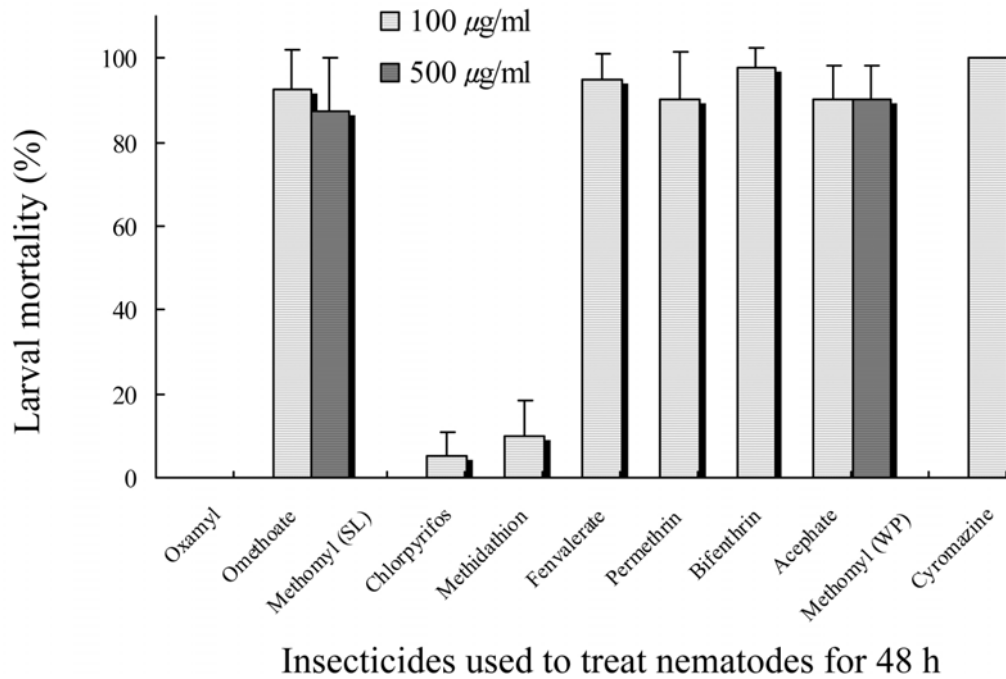
之田間推薦劑量與 500 µg/ml 相近，且線蟲經二種藥劑 500 µg/ml 處理後仍對寄主具高死亡率 (Fig. 2)。

如 Table 6 所示，在含有歐滅松、芬化利、畢芬寧、歐殺松與賽滅淨之土壤中，感染大蠟蛾幼蟲之線蟲數皆與對照組相近，顯示該等藥劑並未明顯影響線蟲的感染力。在處理組與對照組中，成功侵入寄主體內的線蟲數隨時間的延長而遞減。

## 討 論

本文發現土壤添加未腐熟有機肥後，會明顯影響 *S. abbasi* 對寄主引起的死亡率。Shapiro *et al.* (1999) 指出在添加腐熟牛糞土壤內之 *Steinernema carpocapsae*，可有效降低 *Agrotis ipsilon* 為害作物，添加未腐熟牛糞者作物受害明顯高於前者，該結果與本試





圖二 蟲生線蟲以殺蟲劑處理後引起大蠟蛾幼蟲之死亡率。

Fig. 2. Larval mortality (mean  $\pm$  SD) of *Galleria mellonella* ( $n = 4$ ) caused by *Steinernema abbasi* (100 IJs/10 larvae) which was treated with insecticides for 48 h.

表六 蟲生線蟲在含各種殺蟲劑經不同時間後在大蠟蛾幼蟲內所建立之數目

Table 6. Number of *Steinernema abbasi* (200 IJs) established in larvae of *Galleria mellonella* in soil containing insecticides after treatment<sup>1)</sup>

Insecticide	No. of nematodes (mean $\pm$ SD)						F value
	Days after releasing nematodes in sandy loam						
	0	2	4	8	16	32	
Omethoate	96.6 $\pm$ 20.9aA <sup>2)</sup>	56.8 $\pm$ 13.5abB	43.4 $\pm$ 8.2bBC	29.4 $\pm$ 10.1abCD	17.6 $\pm$ 5.7aDE	7.2 $\pm$ 4.3aE	39.11
Fenvalerate	112.4 $\pm$ 33.2aA	68.0 $\pm$ 13.0aB	56.0 $\pm$ 9.5abB	26.2 $\pm$ 8.3bC	17.2 $\pm$ 7.9aC	7.0 $\pm$ 3.8aC	32.65
Bifenthrin	111.0 $\pm$ 16.7aA	46.0 $\pm$ 12.5bB	44.4 $\pm$ 14.6abB	30.6 $\pm$ 8.1abBC	15.8 $\pm$ 5.9aCD	5.4 $\pm$ 2.1aD	50.20
Acephate	93.4 $\pm$ 17.9aA	65.0 $\pm$ 27.9abB	50.2 $\pm$ 10.0abBC	30.0 $\pm$ 10.1abCD	16.2 $\pm$ 6.1aDE	5.8 $\pm$ 3.7aE	21.41
Cyromazine	104.8 $\pm$ 15.9aA	60.0 $\pm$ 11.5abB	56.8 $\pm$ 9.1aB	32.4 $\pm$ 10.0abC	15.8 $\pm$ 7.6aD	8.0 $\pm$ 7.3aD	59.68
Control	95.2 $\pm$ 18.6aA	71.4 $\pm$ 7.7aB	55.4 $\pm$ 6.8abC	38.2 $\pm$ 6.6aD	16.6 $\pm$ 7.1aE	7.2 $\pm$ 3.7aE	56.37
F value	0.77	1.54	1.96	1.17	0.06	0.21	-

<sup>1)</sup> There were five replicates in each treatment.

<sup>2)</sup> Means in the same column followed by the same lowercase letters and in the same row followed by the same uppercase letters are not significantly different at  $p \leq 0.05$  by Fisher's LSD test.

驗者相仿。未腐熟有機肥在田間施用後，會因水分及土壤微生物之作用而發酵腐熟，同時伴隨高溫產生。可能因發酵過程中所產生的氨類等化合物毒害，或肇因於環境中產生的高溫而使線蟲致死，導致其對寄主感染率之降低。由於未完全腐熟之有機肥（牛糞及羊糞）多含大量雜草種子，往往造成農業生產管理上之困擾；或由於施用後因發酵作用所產生的高溫造成植物根部的傷害，目前農民多已採用腐熟的有機肥作為培肥之用。Ellers-Kirk *et al.* (2000) 敘述在有機栽培環境下，*Steinernema riobravis* 對 *Acalymma vittatum* 的防治效力較傳統栽培管理者有效。本試驗結果顯示，腐熟有機肥對 *S. abbasi* 寄主的之持效力無顯著影響，與 Hsiao and All (1997) 之結果相符。在農業政策之「土地永續利用」中，廣泛應用動、植物性有機肥作為農業生產重要資材之主流觀念，已然落實在農業生產體系中。因此筆者認為今後台灣農業生產環境，將更有利於應用蟲生線蟲防治蔬菜、花卉、果樹專業區中之多種重要害蟲。

田間蔬菜、花卉、果樹生產常用的複合肥，在 0.05~0.5%的施用濃度下，*S. abbasi* 引起寄主的死亡率明顯受其影響。Bendarek and Gaugler (1997) 指出土壤添加 N、P、K 三要素或硝酸鉀化學肥後，明顯降低蟲生線蟲侵入寄主體內的線蟲數，該結果與本試驗結果相符。在土壤中，化學肥料多分解為硝酸態氮及磷酸鹽類，是否該等依時間分解出之無機鹽類對蟲生線蟲具生理上的毒理作用，而降低其對寄主之致死率，抑或有其他原因，雖尚待進一步探討，但化學肥料不利於蟲生線蟲在田間之應用，已於本試驗證實。綜觀台灣目前農業生產政策，已導向多施有機肥以取代化學肥的耕作模式，未來在農業區應用蟲生線蟲防治害蟲之技術，將極具發展潛能。

測定蟲生線蟲與農業用藥間的相容性，其主要目的在利用線蟲與藥劑混合後，用於同時防治不同對象害蟲，以收方便及有效率的害蟲防治成效。在本試驗中，*S. abbasi* 與歐滅松、芬化利、百滅寧、畢芬寧、歐殺松及賽滅淨具良好的相容性，經上述六種藥劑處理後的線蟲對寄主仍具高致病力，即使土壤中含有該等藥劑時，對線蟲的持效力影響不顯著；但歐殺滅、納乃得、陶斯松、滅大松等藥劑對此線蟲具強毒性。另外，Nardo and Grewal (2003) 指出 *S. feltiae* 與 diflubenzuron (台灣蔬菜花卉區常用藥劑) 具高相容性；但 Rovesti *et al.* (1988) 提及加保扶 (carbofuran) 則對 *Heterorhabditis bacteriophora* 具高毒性。Zhang *et al.* (1994) 認為納乃得、歐殺滅及陶斯松與線蟲具高相容性，該結果與本試驗者有異；筆者認為該學者試驗中採用之劑量遠低於田間推薦者，應是造成結果差異之肇因，而本試驗採用之劑量與田間推薦者相近，應較能闡述該等藥劑與線蟲間相容性之高低。Abdel-Razek and Gowen (2002) 報告 *S. abbasi* 及 *S. carpocapsae* 皆與印度楝 (neem) 具相容性，可提高對小菜蛾的殺蟲效力。然而，並非單一藥劑對線蟲的毒性皆相近，以加保利 (carbaryl) 為例，該藥劑對 *H. bacteriophora* 具高毒性，但對 *S. carpocapsae* 的毒性則不顯著；再者，*Steinernema bibionis* 則對陶斯松具忍受力 (Zimmerman and Cranshaw, 1990)。因此，欲將蟲生線蟲與化學藥劑相混用時，需先行測定標的線蟲與藥劑間的相容情形。目前農民為求同時降低不同種害蟲之密度，多採用提高藥劑劑量並多種藥劑混合使用等手段，不但徒增害蟲防治成本，更大幅提高蔬果的藥劑殘留及田間污染等問題。以蔬菜區為例，當蚜蟲與夜蛾科害蟲同時發生時，則可以 *S. abbasi* 與賽滅淨混用，分

別針對土壤及葉面害蟲進行防除工作；因此筆者認為將蟲生線蟲導入蔬果專業區中，將有效地降低田間用藥量或次數，並可提昇蔬果品質，更符合生產者與消費者之利益。

## 誌 謝

本文承蒙行政院農業委員會動植物防疫檢疫局研究計畫 (93 農科-1.8.1-檢-B5(4)) 經費補助，在此謹誌謝忱。

## 引用文獻

- Abbott, W. S.** 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265-267.
- Abdel-Razek, A. S., and S. Gowen.** 2002. The intergrated effect of the nematode-bacteria complex and neem plant extracts against *Plutella xylostella* (L.) larvae (Lepidoptera: Yponomeutidae) on Chinese cabbage. *Arch. Phytopath. Pflanz.* 35: 181-188.
- Bednarek, A., and R. Gaugler.** 1997. Compatibility of soil amendments with entomopathogenic nematodes. *J. Nematol.* 29: 220-227.
- Dutky, S. R., J. V. Thompson, and G. E. Cantwell.** 1964. A technique for the mass propagation of the DD-136 nematode. *J. Insect Pathol.* 6: 417-422.
- Elawad, S., W. Ahmad, and A. P. Reid.** 1997. *Steinernema abbasi* sp. n. (Nematoda: Steinernematidae) from the Sultanate of Oman. *Fundam. Appl. Nematol.* 20: 435-442.
- Ellers-Kirk, C. D., S. J. Fleischer, R. H. Snyder, and J. P. Lynch.** 2000. Potential of entomopathogenic nematodes for biological control of *Acalymma vittatum* (Coleoptera: Chrysomelidae) in cucumbers grown in conventional and organic soil management systems. *J. Econ. Entomol.* 93: 605-612.
- Feaster, M. A., and D. C. Steinkraus.** 1996. Inundative biological control of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) with the entomopathogenic nematode *Steinernema riobraviss* (Rhabditidae: Steinernematidae). *Biol. Contr.* 7: 38-43.
- Hsiao, W. F., and J. N. All.** 1997. Effect of animal manure on the survival and pathogenicity of the entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae*. *Chinese J. Entomol.* 17: 53-65.
- Journey, A. M., and K. R. Ostlie.** 2000. Biological control of the western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) using the entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae*. *Environ. Entomol.* 29: 822-831.
- Koppenhöfer, A. M., R. S. Cowles, E. A. Cowles, E. A. Fuzy, and L. Baumgartner.** 2002. Comparison of neonicotinoid insecticides as synergists for entomopathogenic nematodes. *Biol. Contr.* 24: 90-97.
- Liao, C. Y., L. C. Tang, C. F. Pai, W. F.**

- Hsiao, B. R. Briscoe, and R. F. Hou.** 2001. A new isolate of the entomopathogenic nematode, *Steinernema abbasi* (Nematoda: Steinernematidae), from Taiwan. *J. Invertebr. Pathol.* 77: 78-80.
- Lin, C. W.** 1994. Compost treatments of poultry and cattle manures. Proceedings of Symposium on Compost Technology and Utilization. pp. 230-249 (in Chinese).
- Nardo, E. A. B., and P. S. Grewal.** 2003. Compatibility of *Steinernema feltiae* (Nematoda: Steinernematidae) with pesticides and plant growth regulators used in glasshouse plant production. *Biocontr. Sci. Technol.* 13: 441-448.
- Poinar, G. O., Jr.** 1990. Taxonomy and biology of Steinernematidae and Heterorhabditidae. pp. 23-61. In: R. Gaugler and H. K. Kaya, eds. Entomopathogenic Nematodes in Biological Control. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Rovesti, L., E. W. Heinzpeter, F. Tagliente, and K. V. Deseö.** 1988. Compatibility of pesticides with the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar (Nematoda: Heterorhabditidae). *Nematologica* 34: 462-476.
- Shapiro, D. I., L. C. Lewis, J. J. Obrycki, and M. Abbas.** 1999. Effects of fertilizers on suppression of black cutworm (*Agrotis ipsilon*) damage with *Steinernema carpocapsae*. *J. Nematol. (Suppl.)* 31: 690-693.
- White, G. F.** 1927. A method for obtaining infective nematode larvae from culture. *Science* 73: 302-303.
- Wilson, M., P. Nitzsche, and P. W. Shearer.** 1999. Entomopathogenic nematodes to control black vine weevil (Coleoptera: Curculionidae) on strawberry. *J. Econ. Entomol.* 92: 651-657.
- Zhang, L., T. Shono, S. Yamanaka, and H. Tanabe.** 1994. Effects of insecticides on the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* Weiser. *Appl. Entomol. Zool.* 29: 539-547.
- Zimmerman, R. J., and W. S. Cranshaw.** 1990. Compatibility of three entomogenous nematodes (Rhabditida) in aqueous solutions of pesticides used in turfgrass maintenance. *J. Econ. Entomol.* 83: 97-100.

收件日期：2005年1月14日

接受日期：2005年3月2日

# Effects of Fertilizers and Insecticides in Soil on the Persistence of the Entomopathogenic Nematode, *Steinernema abbasi* (Rhabditida: Steinernematidae)

Chih-Fang Pai and Roger F. Hou\* Department of Entomology, National Chung Hsing University, Taichung 402, Taiwan

## ABSTRACT

Effects of insecticides and chemical and organic fertilizers on the persistence of infective juveniles (IJ) of the entomopathogenic nematode, *Steinernema abbasi*, in soil were examined in the laboratory. Larval mortality of the greater wax moth, *Galleria mellonella*, within 32 days caused by the nematode was regarded as the criterion for evaluating nematode persistence in the soil containing fertilizers, while the number of nematodes in insect larvae was regarded as the criterion for the insecticide experiments. In soil containing nondecomposed organic fertilizers, nematode persistence was low; whereas in soil containing 0.5%~2.0% decomposed organic fertilizer made of cattle, pig, or chicken feces, nematodes persisted for 32 days. However, in soil containing chemical fertilizers, nematode persistence was severely hampered. *Steinernema abbasi* was found to be compatible with six commonly used insecticides in vegetables, i.e., omethoate, fenvalerate, permethrin, bifenthrin, acephate, and cyromazine. These insecticides did not markedly affect nematode persistence in the soil.

**Key words:** *Steinernema abbasi*, *Galleria mellonella*, persistence, insecticides, fertilizers