

## ニンジンのネキリムシに対する昆虫寄生性線虫 *Steinernema carpocapsae* の利用

横溝徹世<sup>1)</sup>・柏尾 具俊<sup>2)</sup>

(<sup>1)</sup>長崎県農林部・<sup>2)</sup>野菜・茶業試験場久留米支場)

**Application of an entomogenous nematode, *Steinernema carpocapsae*, for control of the cutworm, *Agrotis segetum*, in carrot fields.** Kiyotoshi YOKOMIZO<sup>1)</sup>, Tomotoshi KASHIO<sup>2)</sup> (<sup>1)</sup>Agriculture Technic Division, Agriculture and Forest Department, Nagasaki Prefecture, Nagasaki 850. <sup>2)</sup>Kurume Branch, National Research Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea, Kurume, Fukuoka 839)

Effect of the entomogenous nematode, *Steinernema carpocapsae*, on controlling the turnip moth larvae, *Agrotis segetum*, was examined on the pots and fields growing carrot plants. In the pot tests, ground spray of third stage juveniles (J3) of the nematode with the density of  $5 \times 10^5$  and  $10^6$  in 1.5ℓ of water per square meter caused the mortality of 66.7% and 80.0% respectively, in the *A. segetum* larvae, and injury of carrot plants was reduced to half or less of that in the unsprayed pots. In the field test, a similar effect was observed with one application of  $10^6$  J3/m<sup>2</sup> or two applications of  $5 \times 10^5$  J3/m<sup>2</sup> with an 8-day interval, or application of 3 g of 0.1 a.i. permethrin granule/m<sup>2</sup>. These results demonstrate that *S. carpocapsae* is a useful agent for the biological control of *A. segetum* larvae in carrot fields.

**Keywords:** entomogenous nematode, *Steinernema carpocapsae*, biological control, *Agrotis segetum*

長崎県における冬ニンジンの栽培面積は、約 500ha である。この内、平年値で約 100ha にネキリムシ（カブラヤガ *Agrotis segetum* の幼虫）の発生が認められており、ネキリムシはニンジンの重要害虫の一つである。その防除のために、現状では主として PAP 乳剤や DEP 粒剤が用いられている。しかしながら、環境保全型農業の推進は昨今の農業の重要課題であり、病虫害防除に関しても、有機合成農業の使用量を減じ、環境に与える負荷を抑えた防除技術の開発が強く求められている。

このような情勢の下、芝害虫のシバオサゾウムシに対して、昆虫寄生性線虫の *Steinernema carpocapsae* が農薬として登録された。本線虫は、鱗翅目や鞘翅目の多くの昆虫に寄生性を持ち、高い殺虫力を有することから、土壌害虫を始めとして各種の害虫に対してその利用が期待されており（石橋, 1979）、ネキリムシに対しても高い殺虫力を有することが明らかにされている（POINAR, 1979）。

そこで、著者らは、本線虫によるニンジンほ場におけるネキリムシ防除の可能性について検討した。

試験実施に当たり、供試昆虫寄生性線虫の提供を頂いたエス・ディ・エス・バイオテック社に感謝の意を表す。

### 材料および方法

#### 供試線虫および昆虫

供試線虫として米国の Biosys 社から輸入された *S. carpocapsae* の製剤（商品名：バイオセーフ）を用いた。ネキリムシは、野菜・茶業試験場久留米支場で採集されたカブラヤガを、室内で数世代累代飼育し、試験に供した。

#### ポット試験 I

プラスチック製の大型ポット（径50cm；面積約0.2m<sup>2</sup>）に、ニンジン（品種；黒田五寸人参）を5cm間隔の6行6列で36穴に点播した。播種は1995年8月22日に行い、乾燥防止のために細かく砕いたピートモスを土壌表面にかけた後、散水した。発芽後約3週間目の本葉2～3枚の時期に1穴当たり2～3株になるように間引きした。

9月13日の午前中（10:00）に、カブラヤガ4齢幼虫を3頭ずつ各ポットに放飼した。日没後（19:00～20:00）

に、 $2 \times 10^5$ ,  $10^5$ ,  $5 \times 10^4$ ,  $2.5 \times 10^4$ ,  $1.25 \times 10^4$  ( $1 \text{ m}^2$  当たり  $10^6$ ,  $5 \times 10^5$ ,  $2.5 \times 10^5$ ,  $1.25 \times 10^5$ ,  $6.25 \times 10^4$ ) 頭の線虫を、それぞれ100, 300または900mlの水道水に希釈し、ジョロを用いて各ポットに散布した。処理1, 2, 5日後に、葉柄の食害を指標として被害株を調査した。また、5日後には、ポット内の土壌を掘り返してカブラヤガ幼虫の生存個体数を調査した。試験は各処理とも3反復とした。

#### ポット試験Ⅱ

試験Ⅰと同様のポットを用い、ガラス室で約2週間育苗した本葉2~3枚のニンジン苗を10月9日~12日に、試験Ⅰと同様の間隔で1穴に1株ずつ(計36株)移植し、試験に供した。10月23日の午後(15:00)に、カブラヤガ4齢幼虫を3頭ずつ各ポットに放飼し、日没後(18:00~19:00)に1ポット当たり  $2 \times 10^5$ ,  $10^5$ ,  $5 \times 10^4$  頭 ( $1 \text{ m}^2$  当たり  $10^6$ ,  $5 \times 10^5$ ,  $2.5 \times 10^5$  頭) の線虫を300ml ( $1.5 \text{ l/m}^2$ ) の水道水に希釈して散布した。各処理とも5反復とした。被害株の調査は試験Ⅰと同様の方法で行った。

また、処理された線虫の土壌中における生存状況を知るために、各区の代表ポットから0~5cmの深さの土を経時的にシャベルで採取し、土塊を潰しながら均一に攪拌した後、直径6cmのプラスチック製ベトリ皿に10mlずつ入れ、カブラヤガ3齢幼虫を5頭ずつ放飼した。4反復試験とした。これらのベトリ皿には餌として人工飼料

(インセクタLS)を入れ、25°C恒温器内に保存し、線虫による幼虫の死亡を毎日調査した。

#### ほ場試験

ほ場に横1.6m, 縦3.5mの試験区を12区設けた。各区の周囲は畔シートで囲み、カブラヤガ幼虫の移動を阻止した。また、各区の間には幅50cmの調査用通路を設けた。9月8日にニンジン(品種;黒田五寸人参)を畦幅40cmのすじ蒔きで4列播種した。ニンジンは、発芽後適宜間引きし、株間4~6cmの栽植密度になるように調整した。試験開始時のニンジンは本葉10枚前後で、根部の肥大初期であった。

試験区は線虫処理区として、 $10^6/\text{m}^2$  1回散布および  $5 \times 10^5/\text{m}^2$  2回散布区を設けた。また、比較のためペルメトリン粒剤(3kg/10a)区と無処理区を設けた。処理はいずれも3反復で行った。線虫処理区の希釈水量は、ポット試験Ⅱと同様とし、 $1 \text{ m}^2$  当り1.5lを散布した。

10月23日の午前中(10:00)に、各区の中央部にカブラヤガ3齢幼虫を20頭ずつ放飼した。同日の日没後(18:00~19:00)に、線虫処理区はジョロを用いて、粒剤区は手散布で処理を行なった。また、 $5 \times 10^5/\text{m}^2$  区については8日後に2回目の処理を行なった。

処理後継続的に葉柄または茎が切断されたものを被害株として、被害株数を調査した。また、試験Ⅱと同じ方法でほ場に処理した線虫の生存状況を6反復調査した。

Table 1. Control of turnip moth, *Agrotis segetum*, 4th instar larvae in pot ( $0.2 \text{ m}^2$ ) growing carrot plants by application of *Steinernema carpocapsae* infective juveniles<sup>a)</sup>.

Dosage Nematodes ( $\times 10^4/\text{pot}$ )	Water (ml/pot)	No. of plants/pot	% injured plants on days after application			No. of released <i>A. segetum</i> /pot	No. of living larvae 5 days after application
			1	2	5		
20	100	76.0	2.4	8.5	19.1	3	0.7
	300	61.7	2.4	10.8	24.4	3	0.3
	900	70.3	3.1	8.5	13.7	3	0.3
10	100	81.3	2.2	3.3	3.8	3	0
	300	78.0	4.7	13.6	28.8	3	1.3
	900	87.3	2.3	8.3	17.3	3	1.0
5	100	87.0	2.0	2.7	4.6	3	0.3
	300	94.7	1.1	5.6	17.4	3	1.3
	900	39.3	17.1	22.8	33.6	3	0.3
2.5	100	77.3	8.0	13.1	41.5	3	1.7
	300	96.0	3.4	4.9	11.0	3	1.3
	900	83.3	5.9	20.6	40.2	3	1.0
1.25	100	89.3	1.5	15.0	49.4	3	2.3
	300	72.7	8.0	14.0	38.1	3	2.0
	900	76.0	10.5	32.9	73.3	3	2.3

a) Application was conducted on Sep. 13, 1995.

Table 2. Control of turnip moth, *Agrotis segetum*, 4th instar larvae in pot (0.2m<sup>2</sup>) growing carrot plants by application of *Steinernema carpocapsae* infective juveniles<sup>a)</sup>.

Nematodes (×10 <sup>4</sup> /pot)	% of injured plants on day after application						No. of released <i>A. segetum</i> /pot	Mortality (%) of <i>A. segetum</i> 8 days after application
	1	2	3	4	7	8		
20	0.6	3.9	7.2	10.0	21.2	24.4	3	80.0
10	0	4.4	6.7	11.7	22.2	25.6	3	66.7
5	0.6	3.3	7.8	11.7	38.9	47.2	3	46.7
0	0.6	3.3	8.9	11.7	48.3	64.4	3	6.7

a) Application was conducted on Oct. 23, 1995.

### 結果および考察

#### ポット試験 I

ポット当たり 5×10<sup>4</sup>頭以上の線虫を施用した区では、5日後までのニンジンの累積被害株率はおおむね10~30%であった (Table 1)。しかし、2.5×10<sup>4</sup>頭以下の処理区では、被害株率は40~70%に達した。また、カブラヤガ幼虫の生存率についても 5×10<sup>4</sup>頭以上の区では、2.5×10<sup>4</sup>頭以下の区に比べて低い傾向がみられた。この試験では、区による結果のばらつきが大きい、カブラヤガ幼虫に対して高い効果を得るには 1m<sup>2</sup>当たり 2.5×10<sup>5</sup>頭 (5×10<sup>4</sup>頭/ポット) 以上の線虫の散布が必要と考えられた。また、散布水量については、ポット当たり 100mlの散布水量では、試験区内に均一に散布することが難しく、300mlが適量と思われた。

#### ポット試験 II

10月23日に行なったポット試験の結果を Table 2 に示した。ニンジンの被害株率は、処理4日後までは区間に差が認められなかった。処理7日と8日後の線虫処理区の被害株率は、TUKEY法による多重比較では有意差は認められなかったが、平均値で見ると 2×10<sup>5</sup>頭 (10<sup>6</sup>頭/m<sup>2</sup>) 区と 10<sup>5</sup>頭 (5×10<sup>5</sup>頭/m<sup>2</sup>) 区が 21.2~25.6%で、何れの区も無処理区の被害株率 48.3%、64.4%に比べて低い値を示した。5×10<sup>4</sup>頭 (10<sup>6</sup>頭/m<sup>2</sup>) 区の被害株率は 38.9%、47.2%で、無処理区に比べてやや低い値であった。処理8日後のカブラヤガ幼虫の死亡率は、2×10<sup>5</sup>頭 (10<sup>6</sup>頭/m<sup>2</sup>) 区と 10<sup>5</sup>頭 (5×10<sup>5</sup>頭/m<sup>2</sup>) 区では、それぞれ 80.0%と 66.7%で、放飼時の1/3以下の密度に減少した。しかし、5×10<sup>4</sup>頭区の死亡率は50%以下であった。

Table 3 は線虫の殺虫活性の持続性を調べた結果を示す。2×10<sup>5</sup>頭区と 10<sup>5</sup>頭区では、処理4日後においても、それぞれ 95%と 60%の高い殺虫率が認められた。これに対し、5×10<sup>4</sup>頭区では、処理直後でも殺虫率は45%にとどまり、4日後の殺虫率は5%に過ぎなかった。

Table 3. Mortality (%) of *Agrotis segetum* 4th instar larvae exposed to soil taken from pots treated with *Steinernema carpocapsae* infective juveniles<sup>a)</sup>.

Nematodes (×10 <sup>4</sup> /pot)	Days after application <sup>b)</sup>		
	0	2	4
20	95.0	95.0	95.0
10	75.0	85.0	60.0
5	45.0	40.0	5.0
0	0	0	0

a) The experiment is the same one as that shown in Table 2.

b) Mortality was examined 4 days after exposure.

#### ほ場試験

ほ場試験におけるニンジンのカブラヤガ幼虫による累積被害株数の推移を Fig. 1 に示した。線虫散布区における被害株数は 10<sup>6</sup>頭区、5×10<sup>5</sup>頭区ともにペルメトリン粒剤区とほとんど変わらなかった。日数経過にともなう被害の増加も少なく、最終被害株数も20数株に留まった。これに対して無散布区では被害株数は大きく増加し、最終的に90株近くに達した。

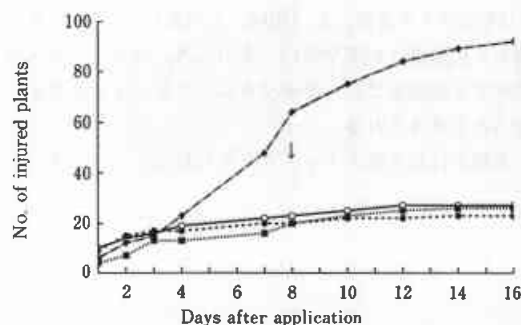


Fig. 1. Control of turnip moth, *A. segetum*, 4th instar larvae by the application of *S. carpocapsae* or permethrin in a carrot field. Application was made on Oct. 23, 1995. —○—: 1×10<sup>6</sup>/1.5ℓ/m<sup>2</sup> —●—: Two applications of 5×10<sup>5</sup>/1.5ℓ/m<sup>2</sup> (Oct. 23 and 31, arrow indicates second application) —■—: permethrin (0.1% a.i. granule, 3kg/10a) —◆—: non-treatment

Table 4. Mortality (%) of *Agrotis segetum* 4th instar larvae, exposed to soil taken from the field trial with *Steinernema carpocapsae*<sup>a)</sup>.

Nematodes ( $\times 10^4/m^2$ )	Days after field application <sup>b)</sup>							
	0	2	4	7	8	10	12	14
100	96.7	86.7	63.3	36.7	—	—	—	—
50	86.7	83.3	46.7	20.0	↓ <sup>c)</sup>	88.9	61.1	40.0
0	0	0	0	0	—	0	0	0

a) The experiment was the same one as that shown in Fig. 1.

b) Mortality was examined 4 days after exposure.

c) Arrow indicates second application of nematodes.

ほ場に処理した線虫の殺虫活性の推移を Table 4 に示した。10<sup>6</sup>頭区、5 $\times$ 10<sup>5</sup>頭区ともに処理2日後までは80%以上の高い殺虫率を示した。しかし、4日目以降は殺虫率の低下が顕著となり、7日後には10<sup>6</sup>頭区で36.7%、5 $\times$ 10<sup>5</sup>頭区では20.0%となった。5 $\times$ 10<sup>5</sup>頭区における2回目の散布でもほぼ同様の傾向が見られた。

以上の結果から、本線虫はニンジンほ場のカブラヤガ幼虫に対して、1 m<sup>2</sup>当たり5 $\times$ 10<sup>5</sup>から10<sup>6</sup>頭の散布でペルメトリン粒剤の10a 当たり3 kgの処理とほぼ同等の防除効果が期待できると考えられる。本線虫は芝害虫のシバオサゾウムシでは1 m<sup>2</sup>当たり2.5 $\times$ 10<sup>4</sup>頭 (5 $\times$ 10<sup>3</sup>頭/0.2m<sup>2</sup>) の散布で高い防除効果が得られることが明らかにされており (足立ら, 1992), この散布量で農薬登録されている。したがって、ニンジンのカブラヤガ幼虫に対する施用量はシバオサゾウムシに比べてかなり多いことになる。これは本線虫のシバオサゾウムシとカブラヤガに対する殺虫活性の違いによるものと考えられる。すなわち、ペトリ皿内の接触試験によれば、本線虫はシバオサゾウムシに対して3,000頭で100%の死亡率を示すが (足立ら, 1992), カブラヤガの3齢幼虫に対しては4,000頭以上を必要とし (柏尾, 未発表), カブラヤガに対して殺虫活性がやや低い, そのため, カブラヤガ幼虫に対する施用量はシバオサゾウムシに比べてかなり多くなったと考えられる。

本線虫は殺虫剤オキサミルと混合施用によりカブラヤ

ガ幼虫に対する感染力が高まることが報告されており (石橋・石橋, 1985), 今後こうした農薬との組み合わせ利用にいても検討を行ない, 本線虫の実用化を進めていく必要がある。

## 摘 要

1. ニンジンのネキリムシ防除に対する昆虫寄生性線虫 (*S. carpocapsae*) の利用の可能性を明らかにするため, ポット植えのニンジンにカブラヤガの幼虫を放飼し, 線虫の処理量と防除効果との関係を検討した。その結果, 1 m<sup>2</sup>当たり5 $\times$ 10<sup>5</sup>頭以上の線虫を処理した区では高い防除効果が認められた。

2. ニンジンほ場において, 1 m<sup>2</sup>当たり10<sup>6</sup>頭の散布と5 $\times$ 10<sup>5</sup>頭の2回散布を試みた結果, 両処理ともペルメトリン粒剤の10a 当たり3 kgの処理と同等の効果が得られた。

## 引 用 文 献

- 1) 足立年一・山下賢一・八瀬順也・二井清友 (1992) 第52回昆虫学会・第36回応動昆講要, 217.
- 2) 石橋信儀 (1984) 植物防疫 38:142-147.
- 3) 石橋吉友・石橋信義 (1985) 第29回応動昆大会 (講要), 62.
- 4) POINAR, G. O. Jr. (1979) Nematodes for Biological Control of Insects, CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, 277.

(1996年5月1日 受領)