

## サツマイモ畑に発生するハスモンヨトウに対する昆虫寄生性線虫 *Steinernema carpocapsae* (str. All) の利用の可能性\*

中野昭雄・喜田直康\*\*  
(徳島県立農業試験場)

**Possible use of the entomogenous nematode, *Steinernema carpocapsae* (str. All) for the control of the common cutworm, *Spodoptera litura* on the fields of sweet potato.**

By Akio NAKANO and Naoyasu KITA (Tokushima Prefectural Agricultural Experiment Station, Ishii-cho, Tokushima Pref. 779-32)

On the fields of sweet potato, the entomogenous nematode *Steinernema carpocapsae* was evaluated as a control agent of the common cutworm *Spodoptera litura* which is highly resistant to various pesticides. Application of *S. carpocapsae* by spraying water suspension at the dosage of 4,000 J<sub>3</sub> (Infective juveniles) per ml gave 90-100% mortality to the 4th and the last instar larvae under field condition in August and September. At the season when the insect pest frequently occurs, night temperature and humidity in the fields of sweet potato were favorable for the nematode persistence.

The number of nematodes attached to the surface of the sweet potato leaves increased in proportion to the concentrations of nematode suspension sprayed and the attached nematodes survived until sunrise. From these results, *S. carpocapsae* will be used as a biological control agent against the *S. litura* on the fields of sweet potato.

### 緒 言

徳島県の鳴門市を中心とするサツマイモ栽培地帯では、ハスモンヨトウが8~9月に常発し、その被害は20年ほど前から問題となっていた。さらに、最近では、従来最も効果のあったメソミル剤に対する抵抗性が增大している(高井, 1991)ばかりでなく、合成ピレスロイド剤に対して抵抗性を獲得した個体群が出現している(中野・喜田, 1994)。このような薬剤抵抗性の発達は、生産現場における農薬の使用回数の増加を招く恐れがあり、今後薬剤によ

る防除がますます困難になると懸念される。

そこで、本研究では、野菜や芝等の鱗翅目害虫に殺虫効果が高く、化学的防除の代替手段として期待されている昆虫寄生性線虫 *Steinernema carpocapsae* を用いて、サツマイモ畑に発生するハスモンヨトウの防除の可能性を検討したので報告する。

本研究を実施するに当たり、有益な御助言を頂いた佐賀大学農学部石橋信義教授、農林水産省野菜・茶業試験場久留米支場柏尾具俊害虫研究室長に、また昆虫寄生性線虫(BIOVECTER®)を御提供頂いた

\* 本研究は、農林水産省の平成3~5年度地域重要技術開発促進事業の経費の一部で実施した。また、本研究の一部は、第38回日本応用動物昆虫学会大会で発表した。

\*\* 現在 徳島県農林政策課流通対策室

た日本チバガイギー株式会社に対して深く感謝の意を表する。

## 材料および方法

### 1. 供試線虫

試験には米国 Biosys 社製の BIOVECTOR® (Steinernem carpocapsa, All系統) (以下、線虫という) を供した。

### 2. 放飼したハスモンヨトウ幼虫に対する殺虫効果

試験は、鳴門市大津町備前島の鳴門市農業センター内のサツマイモ砂地圃場で、1992年8月31日～1993年9月18日にかけて5回行った。いずれも所定濃度の感染態第3期幼虫の懸濁液(以下、線虫懸濁液という。)に展着剤(クミテン10,000倍液)を加用し、肩掛け式手動噴霧器で各濃度それぞれ15㎡に200l/10aを日没後に散布した。散布直後に展開第5～7葉までをつるから切り放さずに、針金で枠を形どった寒冷紗(#300)の袋で包み、そこに人工飼料で飼育したハスモンヨトウ4齢幼虫を20～30頭、または終齢幼虫を10頭放し、袋の口をひもで縛った。処理は1濃度当たり3反復とし、翌日袋の中の幼虫をすべて回収し、25℃の飼育室内に搬入した後、人工飼料を与えて飼育した。その後の線虫による感染死虫数はおよそ12時間間隔で調査した。

### 3. 自然発生したハスモンヨトウ幼虫に対する殺虫効果

試験地は、ハスモンヨトウが自然発生した鳴門市大津町備前島の鳴門市農業センター内のサツマイモ砂地圃場とした。処理面積は50㎡(5.3m×9.4m)、区制は1区制で行った。試験区へそれぞれの濃度に調整した線虫懸濁液に展着剤(クミテン10,000倍液)を加用し、肩掛け式手動噴霧器で200l/10aを日没後に散布した。翌日、試験区の中央4.5㎡(2.25m×2.0m)内の幼虫をすべて回収し、25℃の飼育室内に搬入した後、人工飼料を与えその後の線虫による感染死虫数をおよそ12時間間隔で調査した。

### 4. ハスモンヨトウ多発時のサツマイモ畑の気象条件と、サツマイモ葉における昆虫寄生性線虫の付着、生存状況

名西郡石井町石井の徳島県立農業試験場内のサツマイモ砂地圃場で、ハスモンヨトウが多発する8

月下旬の温湿度を調査した。測定には、遮光した温湿度記録計；シグマII型(佐藤計量器製)を用い、畦側面上(地表約20cm)に設置した。

また、同地に50㎡(5.3m×9.4m)、1区制の試験区を設置し、サツマイモ葉における線虫の付着および生存状況を次の方法で調査した。試験区内のサツマイモ葉数枚を選び、葉柄につけたまま5cm四方に切り抜き、それぞれの濃度に調整した線虫懸濁液を肩掛け式手動噴霧器で200l/10aを日没後に散布した。1,000頭、2,000頭および4,000頭/mlの3濃度区は散布直後に、また1,000頭/ml区はさらに日出時、および日出3、5、7、11時間後にあらかじめ切り抜いた葉を葉柄から切り離した。この葉を水道水を入れた100mlのビーカーに一枚ずつ浸漬し、室温下に約12時間おいて線虫を遊出させ、散布直後の線虫の付着数と、その後の生存状況を調査した。さらに、線虫懸濁液散布後から日出11時間後までの温湿度を、上記と同様の方法で測定した。

## 結 果

### 1. 放飼したハスモンヨトウ幼虫に対する殺虫効果

4齢幼虫に対する結果を第1表に示した。線虫懸濁液の濃度が1,000頭/mlでは5反復、2,000頭/ml、4,000頭/mlでは2反復実施したが、感染死虫率はいずれも散布72～84時間後にはピークに達し、反復間の差は小さかった。また、ピーク時には濃度が1,000頭/mlでは約60%、2,000頭/mlでは約70%、4,000頭/mlでは約90%の感染死虫率が得られた。終齢幼虫に対する結果は第2表に示した。感染死虫率は、4齢幼虫と同様に、いずれも散布72～84時間後にピークに達した。ピーク時には1,000頭/mlでは70.4%、2,000頭/mlでは86.7%、4,000頭/mlでは93.3%の感染死虫率が得られた。

### 2. 自然発生したハスモンヨトウ幼虫に対する殺虫効果

自然発生したハスモンヨトウ幼虫に対する結果を第3表に示した。感染死虫率は、放飼試験の結果同様、いずれの濃度も散布72～84時間後にはピークに達した。また、ピーク時の全幼虫に対する感染死虫率は1,000頭/mlでは61.0%、2,000頭/mlでは78.6%、4,000頭/mlでは96.2%であった。齢別の感染死虫率を比較すると、4齢幼虫では回収数が少なかったため明らかではなかったが、5齢幼虫が6齢幼虫に比べいずれの濃度でもピークに達す

第1表 各濃度の線虫懸濁液をサツマイモ畑に散布した後に放飼したハスモンヨトウ  
4 齡幼虫に対する殺虫効果

処理年月日	気象条件 <sup>1)</sup>	1ml 当たりの 線虫数 (頭)	放飼数 回収数 (頭)	累積感染死虫率(%)									
				14 <sup>2)</sup>	24	36	48	60	72	84	96	108	
1992.9.1	晴 26.9 ~ 28.8 °C 66.0 ~ 69.8 %RH	1,000	90	1.9	9.4	41.5	58.5	60.3	60.3	60.3	60.3	60.3	60.3
			53										
1992.9.12	晴 21.0 ~ 23.7 °C 55.0 ~ 64.0 %RH	1,000	90	0	0	7.1	28.9	48.2	60.0	60.0	64.7	64.7	64.7
			85										
1992.9.7	晴 24.2 ~ 26.0 °C 50.0 ~ 64.0 %RH	1,000	90	1.2	6.0	9.6	42.2	54.2	60.2	61.4	61.4	61.4	61.4
			83										
1993.8.31	晴 23.5 ~ 28.5 °C 72.0 ~ 87.0 %RH	1,000	60	0	1.8	14.3	37.5	58.9	64.3	67.9	67.9	67.9	67.9
			56										
			2,000	60	2.0	2.0	20.0	36.0	60.0	68.0	76.0	76.0	76.0
			50										
1993.9.18	晴 24.0 ~ 27.7 °C 55.0 ~ 79.0 %RH	1,000	60	1.9	1.9	29.6	55.6	59.3	64.8	64.8	64.8	64.8	64.8
			54										
			2,000	60	7.0	8.8	66.7	70.2	75.4	75.4	77.2	77.2	77.2
			57										
		4,000	60	2.0	2.0	68.0	80.0	84.0	90.0	90.0	90.0	90.0	
			50										

1) 観測地点：鳴門市農業センター内の百葉箱

2) 線虫懸濁液散布後経過時間

第2表 各濃度の線虫懸濁液をサツマイモ畑に散布した後に放飼したハスモンヨトウ終齡幼虫に対する  
殺虫効果

処理年月日	気象条件 <sup>1)</sup>	1ml 当たりの 線虫数 (頭)	放飼数 回収数 (頭)	累積感染死虫率(%)										
				14 <sup>2)</sup>	24	36	48	60	72	84	96	108		
1993.8.31	晴 23.5 ~ 28.5 °C 72.0 ~ 87.0 %RH	1,000	30	0	0	11.1	37.0	55.6	59.3	70.4	70.4	70.4	70.4	
			27											
			2,000	30	0	0	20.0	33.3	60.0	66.7	80.0	80.0	86.7	86.7
			30											
		4,000	30	0	0	16.7	66.7	83.3	90.0	90.0	93.3	93.3		
			30											

1) 観測地点：鳴門市農業センター内の百葉箱

2) 線虫懸濁液散布後経過時間

第3表 各濃度の線虫懸濁液をサツマイモ畑に散布した時の自然発生したハスモンヨトウ幼虫に対する殺虫効果 (1933年9月10日~11日<sup>1)</sup>)

1ml当たりの線虫数 (頭)	齢	回収数 (頭)	累積感染死虫率 (%)								
			14 <sup>2)</sup>	24	36	48	60	72	84	96	108
1,000	4	3	0	0	0	33.3	66.7	66.7	66.7	66.7	100.0
	5	15	0	13.3	53.3	73.3	73.3	73.3	73.3	73.3	73.3
	6	23	0	0	4.3	8.7	17.4	39.1	43.5	47.8	47.8
	計	41	0	4.9	22.0	34.1	41.5	53.7	56.1	58.5	61.0
2,000	4	13	7.7	7.7	69.2	84.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	5	19	0	0	36.8	57.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9
	6	24	0	0	20.8	29.2	58.3	70.8	70.8	70.8	70.8
	計	56	1.8	1.8	37.5	51.8	73.2	78.6	78.6	78.6	78.6
4,000	4	9	0	11.1	77.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	5	24	12.5	16.7	75.0	87.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	6	19	0	5.3	26.3	68.4	78.9	84.2	84.2	84.2	89.5
	計	52	5.8	11.5	57.7	82.7	92.3	94.2	94.2	94.2	96.2
無処理	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	計	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1) 天気：晴れ，日没から日出までの気温，湿度：22.5~24.5℃，74.0~85.0%RH

(観測地点：鳴門市農業センター内の百葉箱)

2) 線虫懸濁液散布後経過時間

るのが早く，またピーク時のそれはより高い傾向であった。

### 3. ハスモンヨトウ多発時のサツマイモ畑の気象条件と，サツマイモ葉における昆虫寄生性線虫の付着，生存状況

1994年8月15~29日までの日没から日出までの最高，最低気温の平均値を第4表に示した。農業試験場内に設置した農業気象観測装置の観測期間中の気温は，最高27.8℃，最低21.7℃，湿度は，最高95.5%RH，最低73.8%RHであった。一方，サツ

マイモ畑に設置した温湿度記録計の気温は，最高26.7℃，最低22.0℃，湿度は，最高98.2%RH，最低86.4%RHであった。観測期間中は晴天の日が続き，両者の最高気温と最低湿度はいずれも日没時頃に観測された。また，日没後には結露により葉面が濡れた状態となり，その濡れは翌朝8時頃まで観察された。

線虫懸濁液散布後の，サツマイモ葉面における線虫の付着状況を第5表に示した。試験は，1994年8月30日と9月1日の2回実施した。その結果，濃度1,000頭/mlでは平均して1cm<sup>2</sup>当たり5.4頭，2,000頭/mlでは12.1頭，4,000頭/mlでは20.0頭となり，単位面積当たりに付着する線虫数は，線虫懸濁液の濃度が高くなるにつれ増加した。なお，葉面線虫付着率を下記に示した山中ら(1986)の式により求めた結果，平均して0.5~0.61の値を示し，ほぼ一定であった。

葉1cm<sup>2</sup>当たりの付着線虫数

$$\text{線虫付着率} = \frac{\text{葉1cm}^2\text{当たりの付着線虫数}}{\text{線虫懸濁液1ml当たりの線虫数}} \times 100$$

線虫懸濁液1ml当たりの線虫数

第4表 サツマイモ畑の夜間における気象状況 (1994年8月15~29日)

測定箇所	気温		湿度	
	最高	最低	最高	最低
サツマイモ畑	26.7℃	22.0℃	98.2%	86.4%
百葉箱	27.8	21.7	95.5	73.8

注) 数値は15日間の平均値を示す。

第5表 各濃度の線虫懸濁液散布後のサツマイモ葉面における線虫の付着状況 (1994年)

1ml当たりの 線虫数 (頭)	1c m <sup>2</sup> 当たり線虫付着数 (頭)			線虫付着率		
	第1回目	第2回目	平均	第1回目	第2回目	平均
1,000	5.5	5.3	5.4	0.55	0.53	0.54
2,000	9.1	15.0	12.1	0.46	0.75	0.61
4,000	16.1	25.7	20.0	0.40	0.64	0.50

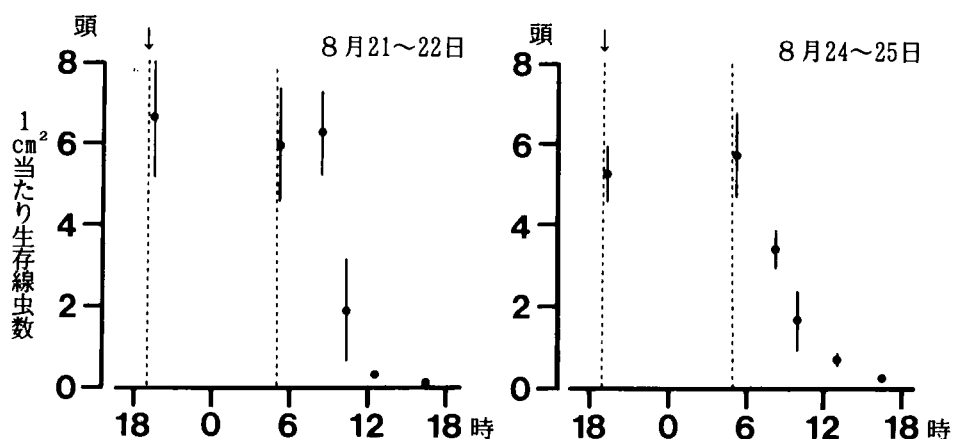
注) 数値は採取した5葉の平均値を示す。

サツマイモ葉面における線虫の生存状況を第1図に、その時のサツマイモ畑の温湿度の変化を第2図および第3図に示した。試験は、1994年8月21～22日と8月24～25日の2回実施した。その結果、第1回目の試験では、日没から日出3時間後の午前8時半頃までは生存数に変化がなかったが、日出5時間後の午前10時半頃には急激に減少し、日出7時間後の午前12時半頃以降にはほとんど認められなかった。一方、第2回目の試験では日没から日出までは生存数に変化がなかったが、日出3時間後には2/3程度までに減少し、その後徐々に減少した。試験実施日時の温湿度をみると、第1回目の8月21～22日の気温は、日没時が27℃でその後徐々に低下していき、日出前には23℃となった。日出3時間後以降は急激に上昇し、30℃以上となった。湿度は日没時の82%RHが、夜間には99%RHまで上昇した。

日出3時間後からは気温の上昇にともない急激に低下し、50～71%RHとなった。第2回目の8月24～25日の気温は日没時の26℃から徐々に低下し、日出前には21℃となった。日出後は急激に上昇し、30℃を越えた。湿度は日没前から急激に上昇し、夜間には99%RHとなった。日出後は気温の上昇にともない急激に低下し、52～70%RHとなった。

## 考 察

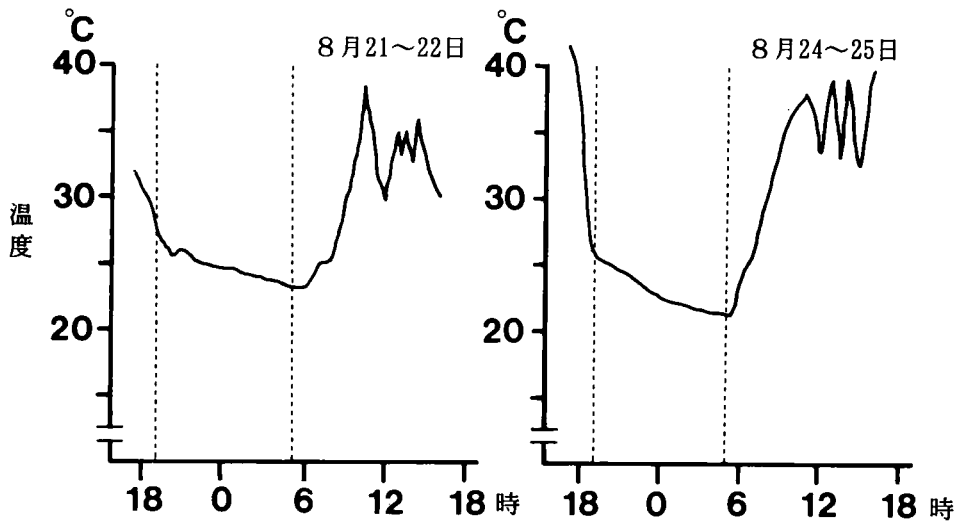
本試験では、従来より県内のサツマイモ栽培地帯で多発し、また近年薬剤抵抗性の発達が著しいハスモンヨトウの防除に、昆虫寄生性線虫 *Steinernema carpocapsae* の利用が可能であるのかを検討した。試験は、野外でのハスモンヨトウ幼虫に対する殺虫効果、サツマイモ畑の気象条件および葉面上の線虫の生存状況の3点について行った。その結果、サツマイモ畑のハスモンヨトウ幼虫に対し、線虫懸濁液



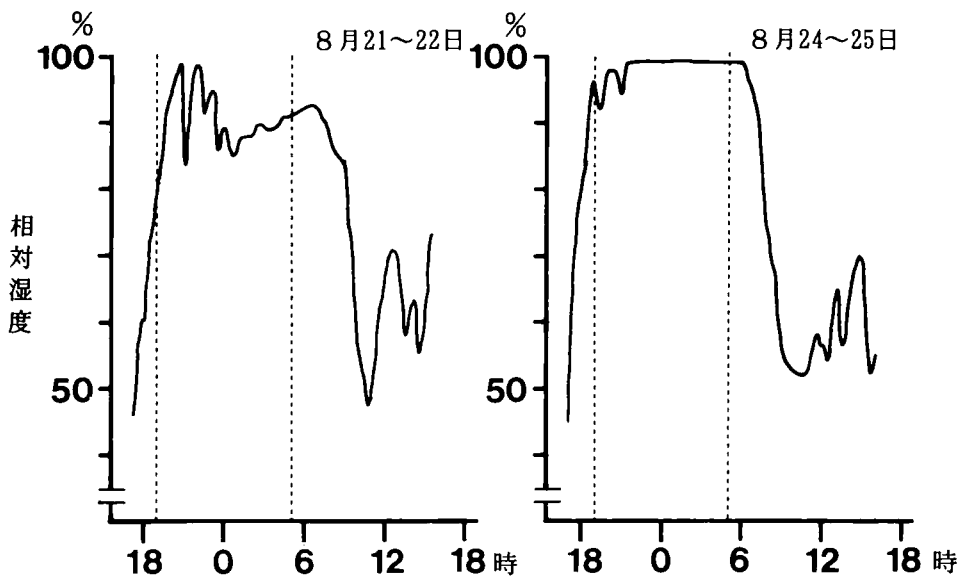
第1図 線虫懸濁液散布後のサツマイモ葉面における線虫の生存状況 (1994年)

注) 矢印は線虫懸濁液の散布を示す。

丸印は採取した5葉の平均値を、縦棒は標準誤差を示す。  
破線は日没、日出を示す。



第2図 線虫懸濁液散布後のサツマイモ畑の温度変化（1994年）  
注）破線は日没，日出を示す。



第3図 線虫懸濁液散布後のサツマイモ畑の湿度変化（1994年）  
注）破線は日没，日出を示す。

の濃度が4,000頭/mlで90%以上の死虫率が得られることが明らかになった。また、ハスモンヨトウが多発する時期の夜間のサツマイモ畑は、気温22.0～26.7℃、湿度86.4～98.2%RHで、この時期の

処理では、サツマイモ葉面に付着する線虫数は懸濁液の濃度に比例して増加し、付着した線虫は翌朝の日出まで生存していることが明らかとなった。

本線虫がハスモンヨトウ幼虫に対して強い感染

性を持つことは、石橋（1981）によって報告され、生物農薬としての利用が期待されてきた。しかし、この線虫は、本来土壌中に生息していることから、乾燥、高温、紫外線などに弱く、地上部害虫に対して利用するには、湿度の高い曇天や夕刻に施用しなければ高い効果を得ることができないことが、石橋ら（1981）、山中ら（1986）によって指摘されている。このことから、脇部（1991）、柏尾（1994）は、施設栽培の野菜では人為的に湿度を制御し、また露地栽培の野菜ではべたがけ資材を被覆することで殺虫効果を検討し、実用レベルに近い効果を得ている。また、柏尾（1992）は、本線虫を地上部害虫に対して散布する場合、どの程度の時間、高湿度が維持されれば高い殺虫効果が得られるのかを検討した。その結果、ナス、イチゴ、ハクサイに寄生させたハスモンヨトウ3齢幼虫に対しては、20～30℃の温度条件で、散布後6～9時間程度90%近い高湿度条件が維持されれば、100%近い殺虫率が得られることを報告している。さらに、柏尾（1992）は、同じ試験で濃度が1,000頭/mlの線虫懸濁液をナス、イチゴ、ハクサイに散布し、葉に付着する線虫数を調査したところ、ナスでは1cm<sup>2</sup>当たり25.5頭、イチゴでは39.3頭、ハクサイでは18.9頭であったこと、また、この濃度で25℃、高湿度下で9時間以上ハスモンヨトウ幼虫に接触させると、100%の殺虫効果が得られたことを報告している。

本試験のサツマイモ畑では、日没から翌朝の日出まで22.0～26.7℃の温度条件で90%近い高湿度条件が8時間程度維持されていた。このことと柏尾（1992）の報告から、サツマイモ畑にハスモンヨトウが多発する8月下旬頃の夜間の気温と湿度は、本線虫の生存、感染に好適で、このような気象条件下では野外でも十分にその防除効果が得られると考えられる。しかし、日出後の気温上昇、湿度低下、紫外線の曝露により線虫は死滅し、感染できなかった幼虫、その後にはふ化する幼虫に対しては全く効果がないと考えられる。

また、本試験のサツマイモ葉に対する線虫の付着数は、1cm<sup>2</sup>当たり5.4頭で、柏尾（1992）の報告と比較するとかなり少なく、また殺虫効果も濃度が1,000頭/mlでは60%程度に留まった。しかし、それは柏尾（1992）の試験がポット試験であったのに対して、本試験は圃場内に慣行量を散布したために線虫の付着数が少なくなり、ほぼ同様な気

温、湿度条件下であったにも関わらず、殺虫効果が低くなったと考えられる。より高い殺虫効果を得るには山中ら（1986）が指摘しているように、活動性の高いハスモンヨトウ幼虫と線虫の接触の確率を高めることが重要であり、本試験からも圃場レベルでは懸濁液の濃度を4,000頭/ml以上とすることが必要であると考えられる。

今後の実用化にあたっては、横溝ら（1991）によって室内で殺虫効果が確認されているシロイチモジヨトウ、ナカジロシタバ等のサツマイモ畑に同時発生する鱗翅目害虫に対する効果も検討する必要がある。また、線虫に対する乾燥防止剤、カプセル化剤の開発にも期待したいが、殺虫剤との混合施用、性フェロモン剤の利用等を含めた総合的な防除体系の一手段としてその利用を考えたい。

## 摘 要

サツマイモ畑に発生するハスモンヨトウの防除に昆虫寄生性線虫 *Steinernema carpocapsae* の利用が可能であるのかを検討した。

1. サツマイモ畑のハスモンヨトウ幼虫に対する本線虫の殺虫効果は懸濁液の濃度が4,000頭/mlで実用レベルの高い効果が得られた。
2. ハスモンヨトウが多発する時期の夜間のサツマイモ畑は気温22.0～26.7℃、湿度86.4～98.2%RHで、本線虫の生存、感染に好適な気象条件であった。また、サツマイモ葉面に付着する線虫数は懸濁液の濃度に比例して増加し、付着した線虫は翌朝の日出まで生存していることが明らかとなった。
3. 以上のことから、本圃のサツマイモ畑に発生するハスモンヨトウ幼虫に対し、本線虫の利用が可能であることが示唆された。

## 引用文献

- 石橋信義・迫間肇・藤條純夫（1981）：ハスモンヨトウに対する昆虫寄生性線虫 *Neoplectana carpocapsae* (DD-136) の施用効果。九病虫研報, 27 : 124～126。
- 柏尾具俊（1992）：ハスモンヨトウに対する *Steinernema carpocapsae* の殺虫効果に及ぼす線虫散布後の温湿度条件の影響。九病虫研報, 38 : 136～138。
- 柏尾具俊（1994）：昆虫寄生性線虫 (*Steinernema carpocapsae*) による野菜の鱗翅目害虫の防除。

- 今月の農業, 38 (11) : 24~27.
- 中野昭雄・喜田直康 (1994) : 徳島県におけるハスモンヨトウの薬剤感受性について. 四国植防, 29 : 123~132.
- 高井幹夫 (1991) : 高知県におけるハスモンヨトウの薬剤感受性について. 四国植防, 26 : 67~76.
- 脇部秀彦 (1991) : スタイナーネマによる促成イチゴにおけるハスモンヨトウの防除. 第35回応動昆講要, 173.
- 山中 聡・瀬田和明・安田 誠 (1986) : 昆虫寄生性線虫 *Steinernema feltiae* (str. Mexican) のアメリカシロヒトリ幼虫に対する殺虫効果. 日線虫研誌, 16 : 26~31.
- 横溝徹世敏・寺本 健・柏尾具俊 (1991) : シロイチモジヨトウに対する昆虫寄生性線虫 *Steinernema carpocapsae* の殺虫効果. 九病虫研報, 37 : 227.