

oxamyl および ethoprophos 粒剤の制線虫作用に およぼす土壤温度の影響

佐野 善一・酒井 吉昭¹⁾・中園 和年
(九州農業試験場・¹⁾九州東海大学農学部)

Effect of oxamyl and ethoprophos on root penetration and gall formation by *Meloidogyne incognita* at different soil temperatures. Zen-ichi SANO, Yoshiaki SAKAI¹⁾ and Kazutoshi NAKASONO (Kyushu National Agricultural Experiment Station, Kikuchi-gun, Kumamoto 861-11, ¹⁾Faculty of Agriculture, Kyushu Tokai University, Aso-gun, Kumamoto 869-14)

Volcanic ash soil infested with *M. incognita* was treated with "Vydate" (1% oxamyl) at doses of 300 or 400 kg/ha, or with "Mocap" (5% ethoprophos) at 200 or 300 kg/ha and potted for the cultivation of tomato plants at 17, 22, 27 and 32°C for 40 days in Experiment 1, and for 27 days in Experiment 2.

"Vydate", applied at the concentration of 200-400 kg/ha, significantly reduced the number of nematodes and of root-galls in the tomato root-systems at lower temperatures (17 and 22°C). However the numbers increased considerably at higher temperatures (27 and 32°C). This chemical induced the suppression of root penetration by the nematodes up to 29 days with little nematicidal action at a dosage level of 400 kg/ha regardless of the temperature. "Mocap", applied at 200 kg/ha, markedly reduced the numbers of the nematodes and of root-galls in tomato roots due to both a nematicidal effect on the nematodes in soil and inhibition of their penetration. However the numbers gradually increased as the temperature rose from 17 to 32°C.

線虫防除剤として、従来広く普及していたハロゲン化アルキルを主成分とするくん蒸剤のうち、DBCPとEDBが人体に対する毒性の理由で使用禁止となったことから、これらに代る線虫防除剤の開発が求められている。

非くん蒸性の線虫防除剤として、カーバメート系や有機燐系薬剤の有効性が認められている。これらは予防効果だけでなく、くん蒸剤にはなかった治療効果も期待できる等の利点を持つ (BUNT, 1975) が、くん蒸剤に比べて効果が十分でなかったり、安定性を欠く場合が少なくなく、効果的な施用条件の解明が必要とされている。

これら接觸型線虫防除剤は、線虫に対する直接的な致死作用というよりは、行動の攪乱、摂食や寄主浸入の抑制等の作用(制線虫作用)によって線虫の増殖を抑制、あるいは死に至るとされている (EVANS, 1973) が、温度条件が制線虫作用に影響するという報告 (BUNT, 1975 : GARABEDIAN and HAGUE, 1983 : MILLER and

RICH, 1974) の外に、同じ線虫に対して相反する結果を報じた例 (BUNT, 1975, MILLER and RICH, 1974) もあり、これら薬剤の効果と温度条件に関してはなお問題が残されている。本報では、カーバメート系 oxamyl 剤と有機燐系 ethoprophos 剤の制線虫作用に及ぼす土壤温度の影響について試験した結果を報告する。

材料 および 方法

試験は2回に分けて行い、第1試験は1987年4月30日から6月11日の間に、第2試験は10月19日から11月17日の間に、網室(屋根はガラス)内に設置した土壤恒温槽を用いて行った。

(1) 供試線虫および土壤: サツマイモ(農林1号)を作してサツマイモネコブセンチュウ (*Meloidogyne incognita*)を増殖させた、九州農業試験場(熊本県菊池郡西合志町)18号圃場の土壤(黒ボク)を供試した。試験に

先立ち、圃場から採取した土壌は5mm目のふるいを通して混合、均一化した。試験開始時の本線虫の密度（ベルマン法、72時間分離、土壌20g供試）は、第1試験：40.5頭、第2試験：102.7頭、含水比は第1試験：59%、第2試験52%であった。

(2) 供試薬剤：バイデート粒剤（oxamyl 1%含有）およびモキヤップ粒剤（ethoprophos 5%含有）を供試した。

(3) 薬剤処理法および温度条件：第1試験では両薬剤とも1/5,000aワグネルポット（土壌2.800g）当たり0.6g（30kg/10a相当）、第2試験ではバイデート粒剤0.8g（40kg/10a相当）およびモキヤップ粒剤0.4g（20kg/10a相当）を土壌と混和した。各処理土壌を詰めたワグネルポットは直ちに土壌恒温槽の4温度区に配置した。第1試験の温度区は水温17.4±0.3°C, 22.1±0.4°C, 27.5±0.5°C および32.0±0.5°C（ポット内の地温の実測値はそれぞれ17.3°C, 22.1°C, 27.0°C および31.8°C）とし、第2試験では17.0±0.4°C, 22.0±0.4°C, 27.5±0.5°C および32.0±0.5°C（同17.5°C, 21.5°C, 26.6°C および30.4°C）区を

設定した。各温度区とも2反復の試験とした。

(4) 施肥法：両試験とも、ポット当たり尿素硫加磷安48号（N, P, K 各16%含有）3.24g, 熔成磷肥2.59gおよび苦土石灰1.87gを、薬剤処理と同時に全層施肥した。

(5) 供試作物および栽培管理：薬剤処理2日後には第4本葉展開期（第1試験）または第3本葉展開期～第4本葉出葉期（第2試験）のトマトを各ポットに1本ずつ移植し、第1試験では40日間、第2試験では27日間栽培した。栽培中の灌水は、pF 2を目安にして行った。

(6) 調査法：生育中のトマトの草丈を測り、栽培終了時に茎葉重（生重）及び根重（生重）を調査するとともに線虫の寄生程度（根こぶ着生度：無=0, 少=1, 中=2, 多=3, 甚=4）、着生根こぶ数および根組織内の寄生虫数を調査した。なお、着生根こぶ数と寄生虫数は、根系の大きさと寄生程度の大小によって、全根系または全根系から抽出した1～2gの根を調査対象とした。根組織内の寄生虫数は、アニリンブルーラクトフェノールにより根を染色してから鏡検調査した。

Table 1. Effect of "Vydate" and "Mocap" at different soil temperatures on root-gall formation by *Meloidogyne incognita* in root systems of tomato examined 42 days after treatment (results of experiment 1)

Treatment ^a	Dosage ^a (kg/10a)	Degree of galling ^b				No. root-galls/root system (x 10 ³) ^c			
		Temperature (C)				Temperature (C)			
		17	22	27	32	17	22	27	32
"Vydate"	30.0	1.0	1.0	1.5	1.5	13.3 (8.6)	58.8 (22.6)	104.6 (26.0)	288.6 (56.9)
"Mocap"	30.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4 (0.3)	0.1 (0.0)	0.4 (0.1)	0.1 (0.0)
Untreated	0.0	2.0	2.5	2.5	3.0	155.0	260.4	403.0	507.0

a) "Vydate" and "Mocap" contain 1% oxamyl and 5% ethoprophos, respectively.

b) Degree of galling: 0 = no galling, 1 = very light, 2 = moderately light, 3 = moderately heavy, 4 = very heavy. Averages of 2 replicates.

c) Depending on the degree of galling and size of root systems, 2 g of roots or whole root systems were observed. The figures in parentheses indicate the percentages in untreated soil.

Table 2. Effect of "Vydate" and "Mocap" at different soil temperatures on root-gall formation and on numbers of *Meloidogyne incognita* in root systems of tomato examined 29 days after treatment (results of experiment 2)

Treatment ^a	Dosage ^a (kg/10a)	Degree of galling ^b				No. root-galls/root system ^c				No. <i>M. incognita</i> /root system ^c			
		Temperature (C)				Temperature (C)				Temperature (C)			
		17	22	27	32	17	22	27	32	17	22	27	32
"Vydate"	40.0	0.0	1.0	2.0	2.0	0.0 (0.0)	12.0 (1.2)	596.0 (24.9)	942.6 (49.0)	1.0 (0.1)	50.6 (4.2)	1420.5 (51.0)	1826.6 (74.2)
"Mocap"	20.0	0.0	0.5	1.0	1.5	3.0 (0.6)	13.5 (1.4)	70.5 (2.9)	115.0 (6.0)	3.5 (0.4)	23.5 (0.2)	84.5 (3.0)	166.0 (6.7)
Untreated	0.0	3.0	3.0	3.0	3.0	494.5	932.0	2395.6	1923.0	902.5	1199.4	2786.6	2462.2

a) and b) See Table 1.

c) Depending on the degree of galling and size of root systems, 1 - 2 g of roots or whole root systems were observed. Figures in parentheses indicate the percentages in untreated soil.

土壤中線虫密度は、試験最終日の土壤を供試して、ベルマン法（土壤20g供試、室温72時間分離）、二層遠心浮遊法（土壤10g供試、比重1.2の蔗糖液使用—第2試験のみ）および指標植物法（小型ポリエチレンポットに土壤150gを入れ、福寿2号トマトの小苗を移植し、温室で7日間栽培したのち、トマト根の寄生虫数をアニリンブルーラクトフェノール染色して調査—第2試験のみ）により調査した。

結 果

1) サツマイモネコブセンチュウに対する寄生抑制効果と地温の影響

モキャップ粒剤では、10a当たり30kg（成分量1.5kg）相当の施用により、本線虫の寄生はどの温度区でもほと

んど認められなかった。20kg（成分量1kg）相当の施用でも、無処理区に比べるとはるかに少なかったが、32°Cでは無処理の約7%となり、温度の上昇に伴い、やや増える傾向が認められた。バイデート粒剤の場合は、10a当たり30kg（成分量0.3kg）および40kg（同0.4kg）施用ともに22°C以下の寄生は少なかったが高温側では大きく増加し、32°C区では無処理の70%以上の寄生虫数が観察された（第1、2表）。

第2表に示した寄生虫数の対無処理比によって温度の影響を比べると、モキャップ粒剤の高温側での効果は低温側（17°C）の8~17分の1に相当し、バイデート粒剤ではさらに低く、500~700分の1と評価される。

2) サツマイモネコブセンチュウに対する密度抑制効果と地温の影響

第1試験によると、バイデート粒剤処理（30kg/10a）区のトマト栽培後のベルマン法による分離虫数は、低温側では初期の分離虫数（土壤10g換算約20頭）よりも少なかったが、高温側では多かった。しかし、高温側の密度も無処理区の400頭以上の値と比べるとはるかに少ない（第3表）。一方、第2試験では、10a当たり40kg（成分量0.4kg）処理にもかかわらず、ベルマン法の分離虫数は試験開始時に比べて大差はなかった。また、無処理区と比べても明瞭な減少はみられず、逆にやや増えたようにみえた場合があった。分離虫数の減少は、二層遠心浮遊法においてもほとんどみられなかった。これに対して指標植物法による各処理区の寄生虫数は無処理区の20%以下にすぎず、ベルマン法および二層遠心浮遊法による分離虫数の傾向とは明らかに異なった（第4表）。

モキャップ粒剤においては、10a当たり30kg（成分量1.5kg）を処理した第1試験の分離虫数はいずれの温度でも0~0.4の範囲であり、20kg（10a当たり）を処理した

Table 3. Effect of "Vydate" and "Mocap" at different soil temperatures on the population density of *Meloidogyne incognita* in soil determined by the Baermann funnel technique 42 days after treatment (results of experiment 1)^a

Treatment ^b	Dosage (kg/10a)	Temperature (C)			
		17	22	27	32
"Vydate"	30.0	5.7 (132.5)	0.8 (2.4)	31.0 (5.2)	83.4 (18.1)
"Mocap"	30.0	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.4 (0.1)	0.0 (0.0)
Untreated	0.0	4.3	33.5	594.0	459.7

a) Figures indicate average numbers of second stage larvae per 10g of soil sampled from 2 replicate pots. Figures in parentheses indicate the percentages in untreated soil.

b) See Table 1.

Table 4. Effect of "Vydate" and "Mocap" at different soil temperatures on the population density of *Meloidogyne incognita* in soil determined by three assay methods 29 dbys after treatment (results of experiment 2)

Treatment ^a	Dosage (kg/10a)	Baermann funnel t. (BF) ^b				Double-layer centrifugal-flootation t. (DLCF) ^b				Tomato-bioassay (BA) ^b			
		Temperature (C)				Temperature (C)				Temperature (C)			
		17	22	27	32	17	22	27	32	17	22	27	32
"Vydate"	40.0	60.8 (153.8)	61.6 (79.6)	35.5 (48.0)	35.2 (163.0)	234.8 (101.1)	172.0 (71.2)	177.0 (95.0)	161.8 (84.6)	17.7 (14.6)	11.7 (7.2)	29.3 (18.5)	27.0 (18.1)
"Mocap"	20.0	33.3 (85.4)	17.7 (22.9)	3.4 (4.6)	3.6 (16.7)	148.5 (62.9)	68.5 (28.4)	48.5 (26.0)	56.5 (29.5)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Untreated	0.0	39.0	77.4	74.0	21.6	232.3	241.5	186.3	191.3	121.0	163.0	158.3	154.3

a) See Table 1.

b) Figures indicate average numbers of second stage larvae per 10g of soil for BF and DLCF and per 100g of soil for BA sampled from 2 replicate pots. Figures in parentheses indicate the percentages in untreated soil.

第2試験の場合も、22°C以上では、ベルマン法および二層遠心浮遊法による分離虫数は、無処理に比べていずれもはるかに少なかった。指標植物法による寄生虫数は、処理区と無処理区の間で明瞭に異なり、多くの線虫が分離された17°C区においても、線虫の寄生はまったく認められなかった。

3) トマトの生育に及ぼす影響

地上部生体重は、第1試験の17°C区を除いてすべて処理区が無処理区にまさった(第5、6表)。一方、根重については、根こぶ形成の著しかった無処理区が最も重く、バイデート粒剤処理区がこれに次ぎ、モキャップ粒剤処理区は根系の発達が悪く、最も軽かった。

考 察

バイデート粒剤の有効成分 oxamyl の殺線虫力は非常に弱いとされている(MYERS, 1972)。10a当たり成分量 0.4kg(製剤40kg)を処理した第2試験においてもサツマイモネコブセンチュウの密度は低下せず(第4表)、殺線虫効果は認められなかった。また線虫の運動性に依存して分離するベルマン法の分離虫数から、運動活性を低下させることもなかったと考えられる。試験期間を40日とした第1試験において、高温側処理区の分離虫数が無処理に比べて少なかった原因は、殺線虫作用による初期密度の低下にあるのではなく、線虫の根への侵入と発育に

対する抑制作用の結果として、線虫の増殖が相対的に低かったことによると推察される。このことは、産卵、増殖には温度が不足であった17°C区における両処理区間の近似した分離虫数からもうなづける。本剤がサツマイモネコブセンチュウやジャガイモシストセンチュウの行動を擾乱し、根への侵入や発育を阻害することは、すでにEVANS and WRIGHT (1981), HAGUE (1979), WRIGHTら(1980)およびWRIGHT and WOMACK (1981)の報告にあるが、第2試験の結果は本剤の侵入阻害作用が地温17°C~32°Cの範囲内で少なくとも29日間持続したこと示している。

高温条件においては、バイデート粒剤処理区のサツマイモネコブセンチュウ寄生量は明らかに増加した(第1および2表)。この結果は、本剤による線虫の侵入、発育および増殖抑制作用は低温条件で大きいとした、Bunt (1975), GARABEDIAN and HAGUE (1983)らの報告と一致する。一方 MILLER and RICH (1974)によると、キタネグサレセンチュウに対する本剤の効果は高温条件で大きいという。彼らは線虫の活動性だけを指標として調査していたので、これらの相反する試験結果はむしろ試験方法の違いが原因しているかもしれない。

oxamylは温度が高い方が分解しやすく(BROMILOWら, 1980; GERSTL, 1984)、有効期間が短くなる(BUNT, 1975)が、このことが、高温条件で線虫の寄主侵入や発

Table 5. Effect of "Vydate" and "Mocap" at different soil temperatures on the growth of tomato infected with *Meloidogyne incognita* examined 42 days after treatment (results of experiment 1)

Treatment ^a	Dosage (kg/10a)	Fresh shoot weight(g)/plant				Fresh root weight(g)/plant			
		Temperature (C)				Temperature (C)			
		17	22	27	32	17	22	27	32
"Vydate"	30.0	138.0	222.0	217.5	191.0	30.4	34.4	34.8	53.6
"Mocap"	30.0	134.5	250.0	197.5	222.0	25.0	23.3	25.9	24.9
Untreated	0.0	140.5	197.0	189.5	168.5	42.4	49.7	62.3	73.8

a) See Table 1.

Table 6. Effect of "Vydate" and "Mocap" at different soil temperatures on the growth of tomato infected with *Meloidogyne incognita* examined 29 days after treatment (results of experiment 2)

Treatment ^a	Dosage (kg/10a)	Fresh shoot weight(g)/plant				Fresh root weight(g)/plant			
		Temperature (C)				Temperature (C)			
		17	22	27	32	17	22	27	32
"Vydate"	40.0	4.8	6.6	17.5	21.4	2.7	2.2	4.3	5.1
"Mocap"	20.0	3.7	5.7	12.5	16.5	1.7	1.6	2.4	2.4
Untreated	0.0	2.5	3.9	8.6	10.3	1.6	2.8	5.9	5.7

a) See Table 1.

育に対する抑制効果の低下する原因のひとつと考えられる。しかし、本試験では、線虫の寄生量の増加した高温条件においても、侵入阻害作用は低温条件同様に維持されていた（第4表）ことから、各処理温度間の線虫寄生量の差異は、単なる薬剤分解率の差によるものではなく、本剤の侵入や発育阻害作用に対する温度の直接的な影響の結果と考えられる。

バイデート粒剤とは異なり、モキヤップ粒剤には明らかに強い殺線虫作用が認められ、同時に根への侵入に対する抑制作用も大きく、処理29日後まで持続した（第3～4表）。線虫の寄生量は本剤においても高温側で徐々に増加したが、その程度はバイデート粒剤に比べると小さかった（第2表）。一方、殺線虫作用は高温側で高まる傾向がみられた。

カーバメイト系および有機燐系線虫防除剤の主な作用機作は、線虫の神経末端におけるアセチルコリンエスチラーゼ阻害であるとされている（WRIGHT, 1981）が、ここに供試した両薬剤のネコブセンチュウに対する作用特性はかなり異なるものと思われる。

以上のように、両剤の制線虫作用は高温により減退するので、これらの防除効果を高めるためには、処理時期、地温、施用量および栽培期間等と効果の関係を詳しく検討し、より効果的な施用法を確立することが必要と思われる。このことは、温度の影響を受けやすいバイデート粒剤では特に重要である。モキヤップ粒剤については根系の発達が悪かった（第5～6表）。SITARAMAIAH and VISHWAKARMA (1978) も本剤によるトマトの生育抑制を報告しているので、今後さらに検討の必要があろう。

摘要

バイデート粒剤 (oxamyl 1%含有) とモキヤップ粒剤 (ethoprophos 5%含有) を土壤処理してトマトを栽植しサツマイモネコブセンチュウに対する制線虫作用によ

ぼす温度 (17°C, 22°C, 27°C および 32°C) の影響を、土壤恒温槽によって試験した。

バイデート粒剤の施用 (30kg, 40kg/10a) により、線虫の寄生量は低温側の17°C および 22°C では大きく低下したが、高温側の27°C および 32°C では、40kg/10aの施用によっても無処理の50%以上の寄生量となった。本剤の線虫防除効果は直接的な殺線虫作用によるものではなく、侵入抑制作用および発育抑制作用によるもので、その効果は少なくとも処理後29日間持続した。モキヤップ粒剤では、20kg および 30kg/10aの施用量とともに強い殺線虫作用および侵入抑制作用が認められ、その結果線虫の寄生量は大きく低下した。寄生量は高温側でやや増加したが、その程度はバイデート粒剤よりも小さく、32°C でも無処理の約 7% にとどまった。

引用文献

- 1) BROMILOW, R. H., BAKER, R. J., FREEMAN, M. A. H. and Görög, K. (1980) Pestic. Sci. **11**: 371-378.
- 2) BUNT, J. A. (1975) Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen **75-10**: 1-128.
- 3) EVANS, A. A. F. (1973) Ann. appl. Biol. **75**: 469-473.
- 4) EVANS, S. G. and WRIGHT, D. J. (1982) Ann. appl. Biol. **100**: 511-519.
- 5) GARABEDIAN, S. and HAGUE, N. G. M. (1983) Revue Nematol. **6**: 151-153.
- 6) GERSTL, Z. (1984) Pestic. Sci. **15**: 9-17.
- 7) HAGUE, N. G. M. (1979) Ann. appl. Biol. **93**: 205-211.
- 8) MILLER, P. M. and RICH, S. (1974) Plant Dis. Repr. **58**: 708-710.
- 9) MYERS, R. F. (1972) Nematologica **18**: 447-457.
- 10) SITARAMAIAH, RAMAIAH, K. and VISHWAKARMA, S. N. (1978) Indian J. Nematol. **8**: 32-42.
- 11) WRIGHT, D. J., BLYTH, R. K. and PEARSON, P. E. (1980) Ann. appl. Biol. **96**: 323-334.
- 12) WRIGHT, D. J. (1981) Plant Parasitic Nematodes Vol. III (ZUCKERMAN, B. M. and ROHDE, R. A. eds.) Academic Press, New York pp. 421-449.
- 13) WRIGHT, D. J. and WOMACK, N. (1981) Ann. appl. Biol. **97**: 297-302.

(1988年6月25日 受領)