

目次

緒言

第1章 キタネグサレセンチュウの発生、被害の

特徴、およびその査定……………2

1. ダイコンのキタネグサレセンチュウ……………2
2. ニンジン(ニンジン)のキタネグサレセンチュウ……………10
3. ジャガイモのキタネグサレセンチュウ……………12
4. サツマイモのキタネグサレセンチュウ……………13
5. キャベツのキタネグサレセンチュウ……………13
6. レタスのキタネグサレセンチュウ……………14
7. トマトのキタネグサレセンチュウ……………15
8. インゲンマメのキタネグサレセンチュウ……………16
9. キタネグサレセンチュウの発生、被害の特徴、およびその査定に関する考察……………17

第2章 キタネグサレセンチュウの生態……………18

1. 各種作物の病斑形成と線虫の増殖……………18
2. 温度と線虫の増殖……………20
3. 水中における線虫の生存……………22
4. 土壌中における線虫の生存……………22
5. キタネグサレセンチュウの低温耐性……………24
6. キタネグサレセンチュウの寄主植物……………26
7. キタネグサレセンチュウの寄生と土壌条件……………32
8. キタネグサレセンチュウの生態に関する考察……………33

第3章 キタネグサレセンチュウの薬剤感受性……………33

1. 材料および方法……………33
2. 密閉容器内綿球くん蒸による薬剤感受性……………34
3. 密閉容器内土壌くん蒸法によるキタネグサレセンチュウ対クルミネグサレセンチュウのD-D感受性の比較……………36
4. 腰高シャーレ内の土壌くん蒸法による薬剤感受性……………37
5. キタネグサレセンチュウの薬剤感受性に関する考察……………39

第4章 キタネグサレセンチュウの薬剤による防

除……………40

1. 試験方法……………40
2. ニンジンのキタネグサレセンチュウに関する薬剤試験……………41
3. 三浦ダイコンのキタネグサレセンチュウに関する薬剤試験……………42
4. 二年子ダイコンのキタネグサレセンチュウに関する薬剤試験……………46
5. キタネグサレセンチュウの薬剤防除に関する考察……………47

第5章 対抗植物マリーゴールド利用によるキタ

ネグサレセンチュウの防除……………48

1. 材料および方法……………49
2. マリーゴールドの品種別線虫密度低減効果……………49
3. マリーゴールドの栽植日数と線虫密度低減効果……………51
4. マリーゴールド・トマト混植の線虫密度低減効果……………53
5. α -terthienylおよびマリーゴールド粉末の線虫密度低減効果……………54
6. 線虫密度を下げるマリーゴールドの栽植方法……………55
7. 対抗植物マリーゴールドの利用によるキタネグサレセンチュウの防除に関する考察……………58

第6章 総合考察……………60

- 摘要……………61
- 引用文献……………63
- Summary……………69
- 図版……………69

キタネグサレセンチュウによる作物被害と防除に 関する研究, 特に対抗植物の利用について*

近 岡 一 郎

Studies on the Damage of Crops by the Root
Lesion Nematode, *Pratylenchus penetrans*
COBB, and Control Measures Especially by
the Utilization of Marigold (*Tagetes* Spp.).

Ichiro CHIKAOKA

論 文 要 旨

本研究は、近年発生の増加傾向が著しいキタネグサレセンチュウの被害、生態および防除について検討したものである。特に、本種は薬剤防除がむずかしいことから、薬剤のみでなく対抗植物を組み入れた総合防除法の確立を目指すものである。

1) キタネグサレセンチュウによる被害はダイコンで著しく、特に三浦ダイコンでは栽培上大きな障害となっている。ダイコンの作型や品種と線虫の被害および線虫密度の消長について検討し、さらにニンジン、トマト、キャベツなどの主要な作物について被害査定試験を行った。

2) 本種の生態について調査し、耐寒性、土壌や水中の生存能力および温度や土性と線虫の増殖との関係を検討した。寄主植物は多数にのぼり、非寄主はわずかの雑食性の線虫であった。寄生による根の病徴は三つに大別され、検診をする上での重要な指標となる。

3) 本種はサツマイモネコブセンチュウやクルミネグサレセンチュウに比べて、明らかに薬剤抵抗力が強いことを実験的に証明した。

4) 薬剤防除法としては、D-Dを10a当たり54ℓ以上施用が防除効果が安定している。また、薬剤の施用方法について検討し、いくつかの有望薬剤を見出した。

5) 対抗植物マリーゴールドの防除への利用法を基礎的かつ実用的な見地から検討した。特にマリーゴールドを三浦ダイコンの前作であるスイカの間作として導入する方法を確立した。

緒 言

神奈川県三浦半島の南部地帯は、冬期の気温が温暖で地勢にも恵まれ、本県における有数の野菜産地となっている。なかでも冬期に京浜市場を中心に出荷され

* 北海道大学審査学位論文

る三浦ダイコンはその優良な品質が全国的にも著名で、栽培の歴史も古く寛永年間にさかのぼるとされる。現在、三浦ダイコンの栽培面積は約580haで、生産量は約6万tに達する。

この三浦ダイコンにネグサレセンチュウの被害が発生したのは1951年ころであるが、その後被害は急速に

拡大の傾向を示し、生産阻害の重大な要因として問題視され、各種作物の中でも線虫被害の顕著な事例として知られるようになった。しかも、多数の線虫種の中でもキタネグサレセンチュウは強い薬剤耐性のゆえに防除が特にむずかしいこともあり、早くから耕種技術的な防除対策が強く要望されていた。

農林省が畑作物に及ぼす土壌線虫の被害に注目し、土壌線虫対策事業を開始したのは1959年である。全国的規模で開始されたこの事業は、それまで不明であった多くの土壌線虫の発生、種類、被害をつぎつぎと明らかにし、我が国の線虫研究を大きく前進させる糸口となった。神奈川県においても、筆者が中心となりまず県下各地の土壌線虫の発生実態を明らかにしつつ、同時に三浦ダイコンのキタネグサレセンチュウ防除対策確立のための生態調査や防除試験が続けられてきた。特に本種はミナミネグサレセンチュウと並び、我が国の農業生産にとって重要なネグサレセンチュウであり、本種の被害を明らかにし防除法を確立することは全国的視野からも重要な課題であった。神奈川県では1968年から3カ年計画で、キタネグサレセンチュウの総合防除対策を確立する目的で農業総合研究所と園芸試験場三浦分場との共同研究が実施され、その結果、筆者らは対抗植物であるマリーゴールド利用による実用的防除をはじめて確立させることができた。この防除法確立の基礎には、キタネグサレセンチュウの被害および生態の解明のために永年続けてきた試験研究があり、その成果の一部は既に発表^{9,12,14,16,17,18)}してきたが、ここに全体をとりまとめて報告する次第である。

報告にあたり、本研究の当初からの御指導と本稿の御校閲を頂いた農林水産省北海道農業試験場病理昆虫部長一戸 稔博士、および同じく御指導と御校閲を頂いた北海道大学教授森 樊須博士に深甚の謝意を表する。さらに本研究の遂行上に格別の御配慮を頂いた元神奈川県農業試験場長故今村 新氏、元同海野佐一氏、元神奈川県農業総合研究所長広瀬友信氏、元同横田道義氏、元同神戸 正博士に深謝の意を表する。また、農林水産省農業技術研究所線虫研究室長西澤 務氏、同農業研究センター線虫害研究室長後藤 昭博士、同元横浜植物防疫所三枝敏郎博士、元神奈川県農業試験場研究部長目黒猛夫氏、元同病虫科長和泉清久氏、元神奈川県農業総合研究所技術研究部長水澤芳名博士、現同竹澤秀夫氏には有益な御教示と御支援を頂いた。さらに農林水産省北海道農業試験場虫害第2研究室長三井 康博士、同熱帯農業研究センター大島康臣氏、

元神奈川県園芸試験場三浦分場長横溝 剛氏（現三浦市農業協同組合参事）には終始御指導を頂いた。神奈川県園芸試験場三浦分場大林延夫氏、元同推名清治氏（現神奈川県横浜農業改良普及所主査）には共同研究者として本研究の遂行に熱意ある御協力と御援助を頂いた。また、元神奈川県農業試験場病虫科鍵渡徳次氏（現東京農業大学教授）、元同相原次郎氏（現神奈川県農政部農業技術課技幹）、元同浅見 宏氏（現同副技幹）、元同石田朝光の諸氏、神奈川県農業総合研究所元病虫科矢吹駿一、現竹井稔、原ツネの諸氏、元神奈川県横須賀三浦地区病害虫防除所片木尚寿氏（現神奈川県病害虫防除所長）、元同岡山 勇氏の両氏には種々御援助頂いた。ここに特記して深謝の意を表する。最後に神奈川県農業総合研究所技術連絡室（元神奈川県農政部農政課研究管理係）、同技術研究部土壌肥料科、神奈川県園芸試験場三浦分場、同横須賀農業改良普及所、同東部病害虫防除所（現同病害虫防除所）、同横浜農業改良普及所、三浦市農業協同組合、横須賀市農業協同組合の各位には熱心な御協力を頂き、ここに心からの御礼を申し上げる。

第1章 キタネグサレセンチュウの発生、被害の特徴、およびその査定

1. ダイコンのキタネグサレセンチュウ

1) 沿革および被害の特徴

神奈川県三浦半島の特産である三浦ダイコンに、はじめてネグサレセンチュウの被害が認められたのは1951、1952年ころである。当時の横須賀三浦地区病害虫防除所片木尚寿らの調査によると、最初は三浦市高円坊と横須賀市須軽谷の2カ所(25a)に被害が認められ、1955年ころからは次第に周辺の圃場および他の地域にも発生するようになった。しかし当時は、線虫の研究も研究者も全国的に少なく、このダイコンの被害も原因不明の病害として取り扱われてきた。この被害が1957年、神奈川県農業試験場鍵渡徳次によりはじめて線虫の1種によることが明らかにされ、翌1958年には農林省横浜植物防疫所三枝敏郎によりネグサレセンチュウの1種と同定され、1962年同省農業技術研究所一戸 稔によりキタネグサレセンチュウ *Pratylenchus penetrans* COBB〔図1,2〕と同定された。この線虫による被害は、収穫時のダイコン肌に水ほう状の白い斑点ができ、やがて斑点はその中心から星形に裂壊して黒変する。このため、1本ずつ丁寧に抜取って水洗し、真白い肌を自慢にする三浦ダイコンにとっては商品価

値を台なしにする致命的な障害であった。農家の間では、この被害をダイコンの「ホシ」、「アバタ」、「ミズボウソウ」などと呼び、その防除対策が長い間要望されてきた。

1960年から農林省により全国規模で土壌線虫の検診

事業が開始され、神奈川県でも筆者が中心となって各種作物における線虫の種類、分布、被害の調査が進められ、三浦ダイコンについてもその被害の発生分布や面積が明らかとなった。1960～1963年の土壌検診結果(第1表)によれば、検診圃場数674カ所のうち215カ所、

第1表 三浦ダイコン栽培地帯のネグサレセンチュウ発生密度^{a)}

場 所	検 診 圃 場 数	線虫検出 圃 場 数	同 左 検 出率(%)	線 虫 密 度 ^{b)}			
				1～10	11～50	51～100	101 >
三 浦 市 初 声	151	47	31.1	38	8	1	0
" 南 下 浦	227	77	33.9	57	15	4	1
" 三 崎	104	36	34.6	31	4	0	1
横 須 賀 市 長 井	83	17	20.5	15	1	1	0
" 北 下 浦	60	26	43.3	17	8	0	1
" 武 山	49	12	24.5	9	3	0	0
合 計	674	215	31.9	167	39	6	3

a) 1960～1963年の毎年8月調査 b) 土壌50gからのベルマン法による検出数を示す

31.9%でネグサレセンチュウが検出され、検出圃場はほぼダイコン栽培地域の全体に及んだ。1960年のダイコン収穫期(1～2月)に、被害発生の有無を農家に問合せたアンケート調査によると、発生を回答してきた農家数60戸の被害面積合計は3ha(30圃場)であったが、被害はその後も加速度的にふえ続け、1965年には被害面積が48ha(被害面積率8%), 1967年に89ha(同15%)に広がり、現在では発生面積は三浦半島全域に及んでいる。

一般農家では、1960年よりダイコンの前作であるスイカのネコブセンチュウを対象としてEDB剤による防除を実施してきた。しかしこの薬剤は、ネコブセン

チュウに対しては確かに効果はあったが、ネグサレセンチュウには被害が幾分抑制される程度で十分な効果があがらず、このためダイコン被害の常発地帯では、キャベツ、ハナヤサイなどへの転作を余儀なくされたり、早生ダイコンを栽培して被害のあまり目立たない11月下旬～12月上旬に収穫を終える方法をとったり、あるいは被害ダイコンを干ダイコンとして出荷する、など苦心の回避策がとられてきた。

一方、1965年ころより横浜市鶴見区を中心として栽培される二年子ダイコンにも被害が発生し始め、1968年の調査(第2表)によれば、圃場検出率は37.9%に達したほか、茅ヶ崎市の夏美濃早生ダイコンにも被害

第2表 二年子ダイコン栽培地帯のネグサレセンチュウの発生密度^{a)}

場 所	検 診 圃 場 数	線虫検出 圃 場 数	同 左 検 出率(%)	線 虫 密 度 ^{b)}			
				1～10	11～50	51～100	101 >
横浜市獅子ヶ谷	79	35	44.3	15	11	3	6
" 東 寺 尾	60	19	31.7	14	2	0	3
" 北 寺 尾	69	15	21.7	7	4	0	4
" 神 奈 川	66	32	48.5	14	12	5	1
" 馬 場	18	10	55.6	3	3	4	0
" そ の 他	38	14	36.8	9	2	2	1
合 計	330	125	37.9	62	34	14	15

a) 1968年7、8月調査。その他は第1表に同じ

が発生するようになり、また春期に播種される春美濃早生や時無ダイコンにも同様な被害を生じ、1月中旬播種のトンネル栽培ダイコンにも被害が広がった。こ

のほか大蔵ダイコンなどの秋ダイコンにも被害がみられ、結局すべての作型・品種のダイコンに及んでいることになる。

このようにキタネグサレセンチュウによるダイコン各種作型の被害面積はますます増加の傾向にあるが、このことは見方を変えれば、土壌線虫に対する一般の関心が高まり、その被害が広く農家に認識されるようになったからでもあるが、事実、前述の発生面積の増加が示すように、三浦ダイコンでのネグサレセンチュウ被害が年をおって拡大していることは否定できない。三浦ダイコンでこのように被害が激化した原因としては、次のような要因が考えられる。第1に、三浦ダイコン栽培地帯の主要作付体系がダイコンーキャベツースイカでいずれの作物も線虫の増殖に好適なこと、第2に、堆肥の施用が基肥の量的減少や化学肥料依存への急傾斜のために著しく軽視されてきたこと、第3に、キャベツ栽培面積の増大でその幼苗に寄生して線虫がますます容易に伝播されること、などである。このほか、本種の強い薬剤耐性や土層改良に伴う線虫の伝播も原因として無視できない。

一方、神奈川県以外でも同様な線虫被害についてみると、兵庫県では1958年ころに三浦ダイコンと同じ症状の被害を認めており¹³⁶⁾、東京都でも1975年ころより被害が多くなったといわれ¹³⁹⁾、現在まで九州を除く各地でダイコンの被害が発生している。これら各地での被害症状は、神奈川県では前述のように「ホシ」、「アバタ」、「ミズボウソウ」などと呼ばれるが、他の都県でも「ミズボウソウ」、「白斑症」(以上東京)、「ごま症状」、「黒ごま」(以上千葉)、「ごま入り」(奈良)、「ミズボウソウ」(和歌山)、また「斑点」、「ぶつぶつ」などと呼ばれ¹³⁹⁾、地方により呼名は一定しないようである。

2) 被害症状

キタネグサレセンチュウによるダイコンの病徴は、初期病斑として肥大根の表皮に微小な不正形の白斑を生ずる。微小白斑はその後しだいに拡大し、径1～2mmの白斑となる。径2～4mmの円形に近い拡大白斑は、その中心部に微細な褐点が認められ、これが進行すると星形に裂壊して黒変する〔図5,6〕。病徴は一般に細根では不明瞭であるが、線虫高密度土壌では明瞭な口唇状の病斑〔内部が裂壊して周辺が黒変〕を認めることがある。

また、線虫密度が著しく高い場合は、間引時のダイコンがすづまり状で、根端から分岐根を生じる奇形がみられ、収穫時では短根、股状根、割れダイコンなどの奇形ダイコンを生ずる〔図7,8〕。

一方、地上部の生育には異常を認めないのが普通で、また根部も大きさや重量では大きな変化がない。しか

し、播種時から線虫密度が異常に高い土壌では、地上部の生育は劣り収量も低下する。

3) キタネグサレセンチュウの発生消長、密度および被害

(1) 材料および方法

各試験とも土壌中の線虫密度は土壌20～50g中のベルマン法による分離数で表わした。その場合の分離条件は20～25℃、24時間とした。植物根内の線虫密度の表示は、所定根量のインキュベーションによる保温遊出法(25℃、14日)またはミキサーで根を直接破碎するミキサー法(ミキシングは40秒)によった。植物根中の線虫観察は、ラクトフェノール法による根の固定、染色によった。ダイコンの被害度(病斑度)は肥大根表面の病斑の肉眼観察により、無(0)、微(1)、少(2)、中(3)、多(4)に分類し、それぞれの階級値から次式により算出するか概括的に(－)(+)で表示する方法によった。細根の褐変度は概括的に表わした。

$$\text{被害指数} = \frac{\sum(\text{被害度} \times \text{株数})}{\text{全調査株数} \times 4} \times 100$$

収穫時の根部奇形度は肥大根の異状(すづまり、股根)を無(0)、微(1)、少(2)、中(3)、多(4)に分け指数方式により算出するか、または概括的に(－)(+)で表示する方法によった。キタネグサレセンチュウは神奈川県三浦市産および川崎市産の材料を用いた。

(2) ダイコンの作型と線虫の密度消長および被害

神奈川県の主要な栽培型は秋ダイコンである。特産である三浦ダイコンは、9月上旬中に播種、翌年1～2月に収穫し、線虫の被害が最も大きい栽培型である。大蔵ダイコンは8月下旬～9月上旬に播種、年内に収穫され作付面積はかなり広いが線虫被害としては比較的小さい。二年子ダイコンは9月下旬～10月上旬に播種、一部の地域で特産化されており、線虫被害は増加傾向にある。夏ダイコン(7月下旬～8月上旬播種)は主産地の茅ヶ崎市で、線虫の被害が発生している。春播きダイコン(4月中旬播種)は特産地はないが県下各地で栽培され、線虫被害が漸増している。トンネル栽培ダイコン(春富)は1月中旬播種で4月下旬の収穫期に著しい被害例をみている。

以上のような現況から、ダイコンの主要作型と線虫密度および被害との関係を明らかにするため、平塚市寺田縄の農業総合研究所圃場のコンクリートブロック枠(1.7×2.5m)に線虫高密度土壌をいれ、各作型のダイコンを栽培して調査した。なお、基肥として化成肥料(N, P₂O₅, K₂O各14%)を用いた。その結果は

次のようである。

a. 春播きダイコンの時無および春美濃早生を4月25日播種、6月15日に収穫した結果、第3表に示すと

第3表 春播きダイコンの線虫密度および被害a)

区 別	被 害 指 数	線 虫 密 度 c)	
		播 種 前	収 穫 時
時 無	75.2	149.0	490.7
春美濃早生	77.9		510.3

a) 播種4月25日 b) 3反復平均値

c) 土壌20g当たり

おり、両品種とも被害はほぼ同程度に高く、また土壌中線虫密度も収穫時に大幅な増加がみられた。これは、この栽培時期(4~6月)が線虫の増殖に好適なことを示している。

b. 夏播きダイコンの夏美濃早生を7月26日に播種、発芽初め7月30日、発芽揃い7月31日、9月19日に収穫した結果、第4表に示したとおり、8月1日の調査(根内の染色観察)で根部に少数の線虫侵入を認め、8月8日に根系全体特に主根部に多く寄生が観察された。白斑の形成は8月21日に少数、9月1日にかなり多く、9月19日に激増し、線虫の寄生密度も同様であった。一方、土壌中の線虫密度は収穫時に播種前よりもかなり低下した。この原因は、栽培期間である夏期の高温が線虫の増殖を抑制したと考えられる。

c. 秋播きダイコンの都を9月19日に播種、翌年2~3月に収穫した場合の結果を第5表に示した。播種10日後は、根に褐変を認めなかったが内部にかなりの数の線虫侵入を観察、10月11日(22日後)には、根に点々と褐変を認め根内の線虫密度も急速に高まった。

第4表 夏播きダイコンにおける線虫密度および被害の消長a)

項 目	月 日	播種前	8月1日	8.8	8.14	8.21	9.1	9.11	9.19
根 部	病 徴	白 斑 b)	- d)	-	(-)	(-)	(-~±)	(+~#)	(#)
	寄生 c)	根 系 全 体	-	-	303.3	-	-	-	-
	寄生 度	肥 大 根	-	-	-	35.4	89.2	56.8	359.5
	染色による線虫寄生量 b)	-	(±)	(+)	主根 主根(-)	肥大根 白斑	白斑	白斑	(#)
					に 多い 細根(±)	(+)	(+)		
土 壌	線 虫 密 度 e)	576.5	-	-	-	-	-	-	196.5

a) 播種7月26日 b) (-)無, (±)微, (+)少, (#)中, (##)多 c) 根1g当たり

d) 調査なしを示す e) 第3表に同じ

第5表 秋播きダイコンにおける線虫密度および被害の消長a)

項 目	月 日	播種前	9月29日	10.11	10.21	11.4	11.20	12.15	1.12	2.5	3.24
根 部	病 徴	細根褐変	-	(-)	(+)	(-)	-	-	(#)	(#)	(#)
	白 斑	-	(-)	(-)	(-)	(+)	(+~#)	(#)	(#)	(#)	(#)
	寄生 c)	根 系 全 体	-	93.4	836.1	101.8	-	-	-	-	-
	寄生 度	肥 大 根	-	-	-	2.3	33.0	69.3	151.0	86.0	123.3
		細 根	-	-	-	-	-	1,650	2,726	2,142	8,597
土 壌	線 虫 密 度	187.5	131.5	-	60.4	-	83.0	90.3	152.3	145.3	-

a) 播種9月19日 その他は第4表に同じ

しかし、10月21日(32日後)には、褐変は消失し根内の線虫密度も低下した。このような変化の原因は、ダイコン播種1ヵ月前後に起こる初生皮層はく離現象と、同時に起こるダイコン根部の急速な肥大による線虫密度の相対的低下と考えられる。白斑の出現は、播種から1ヵ月半経過した11月4日に少数観察され、同時に肥大根から少数の線虫が分離されたことから肥大根へ

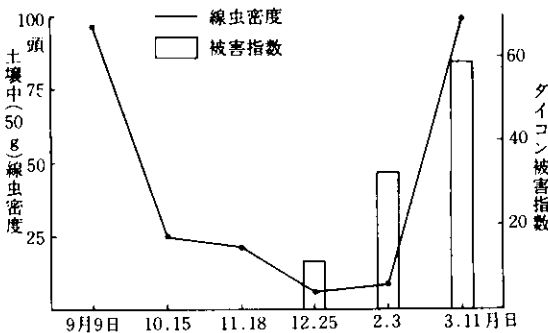
の侵入もこのころからと考えられる。11月20日には白斑は増加し、以降収穫時まで漸増した。また、肥大根の線虫密度は1月12日がピークで、それ以後は横ばいかやや低下の傾向であった。一方、細根中の線虫密度は肥大根のそれよりもかなり高く、3月24日最高となった。一般にダイコンの細根の褐変は不明瞭であることが多いが、本試験では口唇状あるいはひだ状の黒褐

色病斑が明瞭に現われ、内部に多数の線虫が観察された。

土壌中の線虫密度は、播種1ヵ月後の10月21日に最も低かったが、以後漸増し、翌年1～2月に再び播種前に近い密度まで回復した。

(3) 三浦ダイコンの線虫密度および被害の消長

三浦市初声町の線虫多発圃場（前作スイカ）で、1区画10m²を3区設け、9月23日三浦ダイコンを播種、翌年2月3日と3月11日に収穫した。その結果、第1図に示すとおり土壌中の線虫密度は、播種時以降低下



第1図 三浦ダイコン栽培期間中の線虫密度および被害の消長

し続けて12月25日に最低となり、その後上昇して3月11日までに播種前の密度に回復した。線虫による根の被害は12月25日からはっきりし、以後漸増しつつ3月11日に向けて急激に増加した。

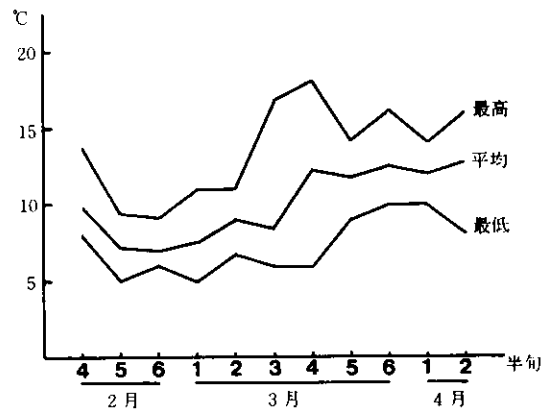
(4) 肥大根の線虫侵入と被害症状の発現

ダイコンの肥大根にキタネグサレセンチュウが侵入し、それによって病斑（白斑）が発現するまでに夏ダイコンで播種より約25日を要し、秋ダイコンで約45日を要した（第4、5表）。一方、同調査から、肥大根と細根での線虫侵入時期および寄生量を比較すると、肥

大根では侵入が遅れ寄生量が少ないようである。そこで肥大根における線虫の侵入と病徴の発現について次の調査を行った。

あらかじめインゲンマメで線虫を増殖させた土壌および対照として同じく無線虫土壌を1/2,000aワグネルポットにつめ、農業総合研究所圃場で栽培し、十分に成熟し収穫したダイコン（都）1ポット4本ずつ土壌中に埋めこんで調査室内に配置し、各回3～4本のダイコンを抜いて被害症状と線虫寄生量を2月14日～4月14日にわたり調査した。

ポット内の地温は第2図に示すとおり、2月が5～14℃で半月平均7～9.1℃、3月1～3半月は平均7.9～9.1℃、3月4半月以降は10℃をこえ、4月2半月まで11.7～12.8℃であった。



第2図 調査期間中のポット内地温の経過

調査結果は第6表に示したが、調査日ごとの観察結果を述べると次のとおりである。

5日目：線虫の侵入および病徴は全く認められなかった。

第6表 肥大根、細根別の病徴発現と線虫寄生^{a)}

項	目	植付前	5 日 目	10 日	20 日	35 日	45 日	60 日
肥大根	病徴 { 白 斑	—	(—)	(—)	(—)	(±)	(—)	(—)
		—	(—)	(—)	(±)	(±)	(±)	(±)
	線虫の寄生量 ^{b)}	—	(—)	(—)	—	(±)	(±)	(±)
	線 虫 密 度 ^{c)}	—	—	0	—	—	95	203
細 根	褐 (黒) 変	—	—	(—)	(±)	(+)	(+)	(+)
	線虫の寄生量 ^{b)}	—	—	(±)	(±)	(±)	(±)	(±)
	線 虫 密 度 ^{c)}	—	—	—	—	—	243	859
土 壌	線 虫 密 度	499.5	—	—	—	—	—	813.3

a) 植付は1973年2月14日 b) 染色観察による、調査基準は第4表に同じ c) 肥大根10cm、細根1g当たり
その他は第4表に同じ

10日目：新根が発生し、わずかながら線虫の侵入を観察した。

20日目：新根がかなり発生し、抽苔してくる。肥大根の老化が始まった。新根に不明瞭な褐変をわずかに生じ、内部に少数の線虫を認めた。肥大根に白斑をみないが、微細な褐点や黒褐色の斑点を少数認めた。

35日目：ダイコン1本に白斑1個を認め、内部に線虫の侵入を観察した。微細な褐点や乾腐状の黒褐色斑点および乾腐状凹斑点を肥大根に多数認め、前回の調査よりはるかにふえた。いずれの斑点も内部に例外なく少数の線虫の寄生を認めた。細根には明瞭な褐点とその中に線虫の集団がみられ、卵も観察できる。

45日目：白斑を全く認めず、前回調査と同程度の斑点がみられ、肥大根10cmの寄生数は95頭、細根の寄生数は生根1g 243頭と多い。

60日目：根の組織は老化して水分が乏しくなり、内部に空洞を生じ一部に腐敗がみられる。白斑を認めないが、肥大根の線虫寄生数は前回の約2倍となった。褐点内部に線虫の寄生するものが多いが、寄生のないものも観察できる。細根の寄生密度はかなり高く、口唇状の明瞭な病斑がみられる。しかし、線虫の集団があっても周辺細胞が壊死がない場合もある。

一方、対照区の肥大根に、線虫多発土壌と同様の褐点かなりあるが、その数は少ない。内部に線虫を認めない。

また、土壌中の線虫密度は60日目でかなり増加した。

以上のように病斑の典型である白斑はきわめてわずかで、褐点や乾腐状の黒褐色の斑点病斑が肥大根に多数生じた。これはダイコン組織の老化で線虫に対する防御反応が低下したものと考えられる。このためか対照区でも類似の斑点を生じ、組織の老化によって若干の刺激でも表皮が傷つきやすく、細菌などの侵害を受けやすいと考えられる。常法による菌の分離を試みたところ、線虫区、無線虫区を問わず細菌を認めた。

なお、肥大根の病斑を20日目に少数認めたので、肥大根への線虫侵入は7～9℃で約20日間が必要と考えられる。また、細根への侵入時期は肥大根よりも早く10日目ころと考えられ、線虫の増殖は肥大根より細根で大きかった。

(5) 線虫の加害とダイコン品種間の差異

ダイコンの品種による被害度(病斑度)および線虫の増殖を調べた。

a. 春播きダイコン

代表的な春播きダイコンの時無および春美濃早生の

両品種については、既に述べたとおり、被害度および線虫増殖において差を認めなかった(第3表)。

b. 秋播きダイコン(I)

秋播きダイコンの代表的な3品種をコンクリートブロック枠内の線虫多発土壌で栽培すると、第7表に示

第7表 秋播きダイコンの品種と被害
および線虫密度(I) a)

品種	項目	被害度		線虫密度	
		11月4日	12月15日	根部b)土壌	
都		+	+	76	90.3
宮重		+	+	84	127.0
練馬		+	+	48	144.5

a) 播種9月19日 収穫12月15日

b) 肥大根皮1g その他は第4表に同じ

すとおりいずれの品種にも被害が認められるが、被害度は宮重が都、練馬の両品種よりもやや大きく、概して大型かつ鮮明な病斑であった。一方、土壌中の線虫密度は練馬、宮重、都の順で高かった。

c. 秋播きダイコン(II)

秋播きダイコンなどの代表的な10品種を選び、あらかじめインゲンマメで増殖させた線虫多発土壌(218頭/±20g)を1/5,000aワグネルポットに充填、11月4日1ポット5粒ずつ播種、施肥は基肥として化成肥料(N, P₂O₅, K₂O 各14%)を1ポット2gずつ施用、ガラス室で管理し、翌年3月30日調査した。

第8表に示したとおり、都系三浦を対照としたが、これより被害が多いのは宮重、亀戸、方領、理想の4品種で亀戸が最も多く、次いで宮重であった。逆に少ないのは聖護院、寺尾二年子の2品種で、同程度のもの

第8表 秋播きダイコンの品種と被害
および線虫密度(II)

品種	項目	被害度	線虫密度	
			根部a)土壌	
練馬中長		±	335	67.0
宮重長太		++	342	66.0
方領		+	377	81.7
桜島大丸		±	359	58.7
亀戸		++	594	51.3
聖護院		—	152	38.7
大蔵		—±	284	73.7
理想		+	488	56.0
二年子(寺尾)		—	874	45.0
都系三浦		±	308	57.0

a) 細根1g当たり その他は第4表に同じ

のは練馬、桜島、大蔵の各品種であった。

細根の線虫寄生密度は寺尾二年子が最も高く、以下亀戸、理想の順で低いのは聖護院であった。寺尾二年子を除けば、細根の密度と被害度の間にはやや正の相関がみられる。

また、土壌中の線虫密度は、播種前に比べて全般に低下したが、最も高いのは方領、低いのは聖護院であった。

(6) 線虫密度とダイコン被害（室内試験）

線虫高密度土壌におけるダイコンの生育および根部

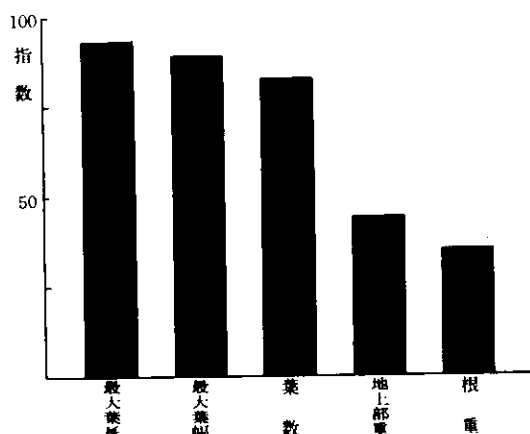
の被害を明らかにする目的で、インゲンマメ栽培後の線虫高密度土壌と線虫無発生土壌（線虫接種または無接種の同一土壌）を用い、ダイコン（夏美濃早生）を1ポット（1/2,000aワグネルポット）7粒ずつ7月30日に播種、化成肥料（N、P₂O₅、K₂O各14、10、13%）を1ポット5g基肥施用、ガラス室で管理、10月8日地上部の生育、根部被害、土壌中線虫密度、根重などを調査した。試験は1ポット1区、5連制。

その結果、第9表および第3図に示すとおり、肥大根の被害（病斑）が高密度では目立ち、また細根には

第9表 線虫密度とダイコンの生育および根部被害^{a)}

区 別	土壌中線虫密度 ^{b)}		根 部 被 害		地 上 部 の 生 育			根重 (g)
	播種前	収穫時	被害 指数	細根 褐変度	最大葉長 (cm)	最大葉幅 (cm)	葉 数 地上部重 (g)	
線虫高密度土壌	3,239	1,863	63.6	+	26.8	6.8	10.5	40.6
線虫無接種土壌	0	0	0	—	28.5	7.6	12.6	92.4

a) 5 反復平均値 b) 土壌50g当たり



第3図 キタネグサレセンチュウによるダイコンの生育および根部被害
(それぞれの指数は無接種土壌対比)

褐変を認めた。地上部の生育はかなり劣り、葉長、葉幅はやや短かく、葉数はやや少なく、地上部重は無接種区の45%、根重ではこの傾向が顕著で、無線虫区の

65%減で肥大抑制が大きい。しかし、このような高密度土壌でも、ダイコンの発芽初期の枯死などによる株絶えはなかった。また、細根の染色調査によると多数の線虫(5,900頭/生根1g)がありながらその部分に細胞の壊死が少ない点など、ダイコンは元来キタネグサレセンチュウに対し耐性のある作物と考えられる。

(7) 線虫密度とダイコン被害（現地試験）

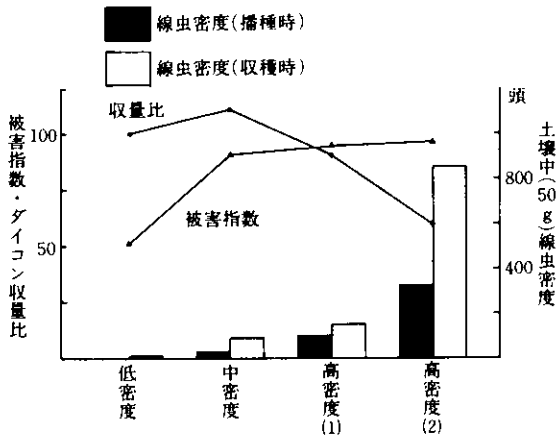
線虫密度を異にする現地圃場でのダイコン被害（病斑および奇形）、地上部の生育、収量を比較するため、前年に薬剤処理（NCS、EDB）および無処理の試験圃場にスイカを栽培後、線虫密度の異なる4区（低、中、高1、高2）を選定し、ダイコン（都）を9月13日播種、10月25日地上部生育調査、翌年1月26日収穫、被害調査、土壌中線虫密度調査などを行った。施肥は現地慣行により、1区面積は10m²。

その結果、第10表および第4図に示すとおり、線虫低密度のダイコンは、被害（病斑）が中程度、奇形は全く認められず、中密度では被害が特に大きくわずか

第10表 線虫密度とダイコン被害

区 別	項 目	土 壌 中 線 虫 密 度 ^{a)}		根 部 被 害		生 育		収 量 ^{c)} (kg)
		播 種 時	収 穫 時	被害指数	奇形指数	葉長(cm)	葉幅(cm)	
低 密 度		0	5.0	51.3	0	36.5	16.6	19.5
中 密 度		28.5	88.0	90.1	15.0	38.8	16.2	21.7
高 密 度(1)		100.0	147.0	93.8	17.5	36.6	17.2	17.6
高 密 度(2) ^{b)}		322.5	844.0	96.3	52.5	24.4	12.7	11.5

a) 土壌50g当たり b) 著しい高密度 c) 10株当たり



第4図 線虫密度とダイコン被害
(収量比は低密度に対する百分比)

に奇形を認めたが、生育、収量では低密度と大差なかった。高密度では被害、奇形発生とも中密度に近いが収量がやや低下し、一方、著しい高密度(高密度2)では奇形指数、生育不良、減収(40%)がきわ立っている。

以上の結果からみて、ダイコンの肥大根に病斑が発生する被害は、土壤中線虫密度が低密度でも問題となるが、100頭/土壌50g前後の高密度でも収量に及ぼす影響は小さく、著しい高密度(約300頭)の場合のみ奇形を伴うかなりの減収が起こる。

(8) 線虫密度とダイコン被害(現地調査)

三浦市および横浜市の現地圃場で、線虫密度を異にした場合のダイコン被害を1964～1973年にわたり調査した。調査圃場は主として薬剤防除試験を実施した圃

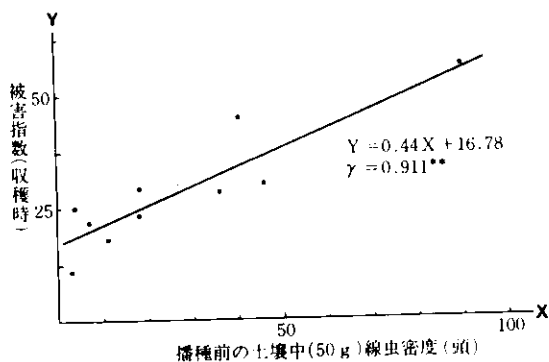
第11表 線虫密度とダイコン被害(現地調査)^{a)}

調査例	土 壌 中 線 虫 密 度 ^{b)}								根 部 被 害		備 考
	9月	10	11	12	1	2	3	4	被害指数	奇形指数	
A	31.0	37.0	14.8			59.3			64.3	1.6	1964年 播種: 9月16日 収穫: 2月7日
	87.8	108.8	37.5			89.8			63.9	7.4	
	170.5	151.3	44.0			136.5			81.6	17.5	
	242.0	118.0	38.0			185.8			81.0	30.0	
B	3.2		1.3			0.7	9.7		11.5	0	1965年 播種: 9月23日 収穫: 3月10日
	7.0		3.8			2.7	11.7		22.0	0	
	18.0		4.2			2.8	14.5		29.2	0	
	95.5	24.2	21.2	5.7		8.3	98.8		59.1	0	
C	0		0		0.2				1.8	0	1965年 播種: 9月22日 収穫: 1月27日
	13.5		6.3		5.3				54.1	0	
	32.3		10.7		18.5				61.7	0	
	90.2		41.2		50.0				75.8	0	
D	1.7				0.2				11.3	0	1966年 播種: 9月18日 収穫: 1月27日
	36.8				28.2				57.8	0	
	271.0				198.3				94.4	21.7	
E	0					0.3			7.9	0	1967年 播種: 9月20日 収穫: 1月27日
	0.3					5.0			32.5	0	
	4.8					12.3			45.0	0	
	28.0					82.0			92.5	0	
F	1.3							3.0	10.0	0	1973年 播種: 9月30日 収穫: 3月29日
	7.8							92.8	30.0	0	
	29.0							257.0	40.0	0	
	57.5							326.8	73.8	0	
G		2.8				0.5		3.3	5.0	0	1973年 播種: 10月9日 収穫: 4月22日
		14.5				0.5		12.0	26.3	0	
		43.8				1.5		15.5	51.3	0	
		148.8				2.5		21.8	65.0	0	
		295.5				5.5		135.3	88.8	0	

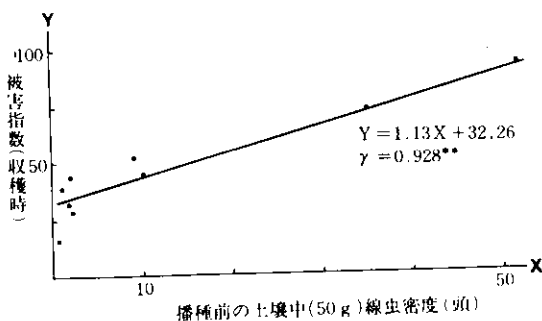
a) 調査は主として薬剤防除試験を実施した現地圃場で行った。A～Eは三浦市(三浦ダイコン)、F、Gは横浜市(二年子ダイコン) b) 土壌は50g当たり

場(第4章参照)で、調査区はおおむね1区5~10m²、1区4~5カ所深さ10~15cm層土壌の線虫密度(土壌50g)をダイコン播種前と収穫時または必要に応じ生育中に調べ、ダイコンの被害は1区10~15株とした。

結果は第11表および第5、6図に示したとおり、線虫密度が高まるにつれて被害も高まった。また、播種前の線虫密度が高いと病斑以外にも奇形根を生じ、作型や年次にもよるが三浦ダイコンでは100頭以上である。しかし、二年子ダイコンでは著しい高密度でも奇形を生じない。一方、線虫密度は一般に生育期には、播種前のそれよりも低くなる。



第5図 線虫密度とダイコン被害(1964)



第6図 線虫密度とダイコン被害(1965)

4) 考察

キタネグサレセンチュウは、近年その分布および被害が拡大しつつある線虫の一つである。神奈川県三浦半島におけるダイコンの被害は、1951年ころより発生が認められ、現在は既に同半島の全域に広がり、ダイコン栽培上大きな障害となっている。このような被害の発生拡大は、昭和30年代の作付体系(キャベツ・スィーカーダイコン)の定着、とりわけキャベツ栽培に伴う線虫の苗による移動伝播と線虫の増殖時期が生育末期と重なる春キャベツの増加に起因すると考えられる。

さらに堆肥の施用量低下、土層改良(混層耕)による周辺への拡散、本種の薬剤耐性、特にEDB耐性など多面的な要因に基づくものであろう。

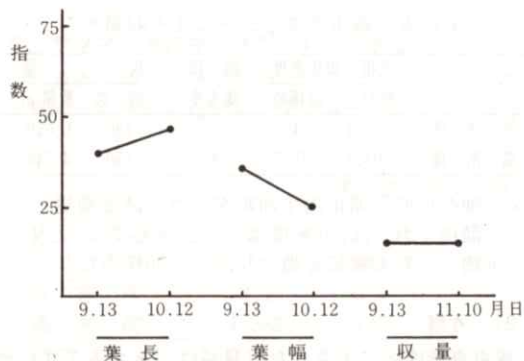
キタネグサレセンチュウによるダイコンの典型的な被害症状は、肥大根に発生する白斑である。白斑はダイコンの作型のいかんを問わず発生し、春播きや夏播きダイコンだけではなく、冬どりダイコンでも問題となるのは、線虫の活動が冬期でも不活発にならないためである。また、細根および肥大根への線虫寄生の状況からみて、線虫ははじめ細根で増殖し、のち生育中~末期の肥大根に寄生し被害を及ぼすと考えられる。しかし、肥大根の線虫寄生量はかならずしも多くはない。一方、ダイコン肥大根の組織が老化すると白斑はほとんど認められなくなって黒斑だけになるのは、ダイコンの線虫に対する防御反応の低下のためと考えられる。一般に白斑の多少は、播種前の線虫密度と関連が高く、比較的低密度でも品質低下をもたらすため、経済的被害水準としての線虫密度はかなり低いことになる。しかし、通常の密度では収量に及ぼす影響がほとんどなく、高密度(100頭/土壌50g)になってはじめて寸づまりなどの奇形を生じ、また著しい高密度(300頭/土壌50g)では奇形ダイコンを生じ収量を低下させる。しかし、著しい高密度でも枯死株は認められず、さらに細根の褐変病斑を生じにくいことから、ダイコンは線虫耐性の比較的大きな作物と考えられる。しかし、ダイコンの品種によって白斑や線虫寄生量に差がみられることから、ダイコンの作型ともあわせて今後の検討が必要である。なお、キタネグサレセンチュウの寄生によって生ずるダイコンの白斑はクルミネグサレセンチュウ *Pratylenchus vulnus*¹⁶⁾、キクネグサレセンチュウ *P. fallax* (近岡、未発表) によっても生ずるがムギネグサレセンチュウ *P. neglectus*¹⁶⁾ では生じることとはなく、ミナミネグサレセンチュウ *P. coffeae*¹⁶⁾ では黒斑を生じ、内部に多数の線虫が寄生している。このようにダイコンの被害とネグサレセンチュウの種類との関連も検討すべき課題である。

2. ニンジンのキタネグサレセンチュウ

1) 被害症状

圃場の一部が円形に生育不良を示して被害は発生し、被害株のニンジン根の先端が切れたような寸づまりとなって細根を叢生する。被害が著しい場合は、途中で枯死したりする[図9,10]。神奈川県では1960年9月、川崎市有馬の夏まきニンジンで被害が発生した。しか

し、同じような被害は以前から兵庫県や東京都でも発生していたようで、山口¹³⁶⁾によれば兵庫県下でも1950年に被害をみているが、実際にはかなり以前から発生していたとされる。ニンジンの場合、線虫の被害は大きく、第7図に示す薬剤防除試験の成績(第4章2、参照)からも生育と収量の顕著な差が認められた。



第7図 長ニンジンの線虫無防除区の生育および収量
鮮紅大長ニンジン(播種7月16日、収穫11月10日)
指数はEDB防除区対比

一方、近年短根ニンジンの栽培面積が圧倒的に多くなるとともに、線虫被害は以前の長ニンジン栽培ほどでなくなった。たとえば、短根ニンジンでも線虫により寸づまりになるが(図11)、長ニンジンほど顕著でなく、地上部の生育にも大きな差はでない。また肥大根にも線虫の侵入を認めない。

2) ニンジン品種と線虫寄生

長ニンジンと短根ニンジンとの線虫寄生を比較するため、線虫多発土壌を素焼鉢(径6cm)につめ、ニンジン(長ニンジン:鮮紅大長, 短根:玉幡US)を播種, 5月9日から6月1日までガラス室内で管理, 根を堀取って線虫の密度と寄生程度を調査した。1鉢1区の3連制, 播種前土壌中線虫密度300頭/50g。

第12表に示すように、褐変は長ニンジンの方が多く、病徴は長ニンジンでは淡褐色～黄色、短根ニンジンでは淡黄色、いずれも境界が不明瞭であった。根中の線虫密度も長ニンジンは短根ニンジンの4倍であった。

第12表 ニンジン系統と線虫寄生

区別	項目	褐変指数 a)	線虫密度 b)
長ニンジン		57.8	884
短根ニンジン		25.0	225

a) 無(0), 微(1), 少(2), 中(3), 多(4)に分け指数方式算出, 3反復平均

b) 根0.1g当たり

3) 短根ニンジンの線虫被害(室内試験)

レタスで増殖した線虫多発土壌を1/5,000aワグネルポットにつめ、Oxamyl(1%粒剤)処理で3段階の線虫密度に調整し、短根ニンジン(玉幡US4寸)を1ポット10粒ずつ5月27日播種, 8月2日株を採取り土壌中線虫密度と根部を調査した。化成肥料(N, P₂O₅, K₂O 各14%) 1ポット2g施用, ガラス室内管理, 1ポット1区5連制。

調査結果は第13表に示すとおり、ニンジンの発芽や生育の初期から後期までの外見では、線虫密度による差は認められなかった。同様に肥大根では病斑は全くみられなかったが、高密度では肥大根の先端や細根に中～多の黄褐色の病斑が認められ、細根から多数の線虫が分離された。高密度土壌では、また、寸づまりの奇形根が発生した。最大葉長や根重では密度による大きな差はない。土壌中線虫密度は収穫時に播種前よりも低かった。

4) 短根ニンジンの線虫被害(圃場試験)

横浜市神奈川区菅田町の現地圃場で、薬剤(D-D, EDB, DBCP)処理または無処理により線虫密度の異なる3区を設け、短根ニンジン(子安3寸)を7月4日播種, 10月25日被害および収量を調査。土壌中線虫密度はガス抜き時(播種前)と収穫時に調べた。施肥その他は現地慣行法による。1区5m², 2連制。

結果は第14表のとおり、肥大根の褐斑は高密度区で多かったが内部に線虫を認めなかった。収量は区間で大差なく、したがって線虫密度との関係ははっきりしない。寸づまり根は認められず、高密度区でも上物率は他の区と変りがなかった。

第13表 短根ニンジンの被害と線虫密度 a)

区別	項目	土壌中線虫密度 b)		根部褐変度 c)		線虫密度 d)	奇形根率 (%)	最大葉長 (cm)	根重 (g)
		播種前	収穫時	肥大根	細根				
低密度		3.0	1.4	—	—	43	0	17.0	5.79
中密度		33.0	2.8	—	—	152	0	16.4	5.94
高密度		941.7	151.2	—	Ⅱ～Ⅲ	3,440	22.6	16.1	5.57

a) 5反復平均値 b) 土壌20g当たり c) —(無), ±(微), +(少), Ⅱ(中), Ⅲ(多) d) 根1g当たり

第14表 短根ニンジン被害と線虫密度a)

区別	線虫密度e)		肥大根 褐斑	上物率 (%)	収量f) (kg)
	播種前	収穫時			
低密度b)	1.8	14.5	+	38.5	3.45
	2.8	3.5	±	34.1	3.10
	5.3	43.8	±	33.3	2.93
(平均)	3.3	20.6	±~+	35.3	3.16
中密度c)	23.0	148.8	±	32.5	2.73
	31.8	30.5	±	35.0	2.71
	59.8	155.3	±	40.0	3.18
(平均)	38.2	111.5	±	35.8	2.87
高密度d)	106.8	295.5	++	40.0	3.29

a) 2反復平均 b) D-D 3mℓ, 5mℓ, EDB 5mℓ
処理区 c) EDB 3mℓ, DBCP 0.3mℓ, 0.5mℓ処理
区 d) 無処理区 e) 土壌50g当たり f) 20株
当たり その他は第13表に同じ

5) 考察

キタネグサレセンチュウによるニンジンの被害の特徴は、山口の報告¹³⁶⁾のように直根部への寄生加害によるすづまりと加害部からの細根の叢生である。このため、肥大根は伸びずわい少となり減収が著しい。これ以外にも肥大根の亀裂などが症状とされている。本種は北海道、本州の各地のニンジン圃場から検出³³⁾されているが、近年短根ニンジンの栽培面積が多くなり、神奈川県でも以前のように激甚な被害は認められなくなった。長ニンジン、短根ニンジンの両系統を比較すると、後者では前者よりも症状が軽く寄生量もかなり少ない。かなりの高密度圃場のニンジン栽培でも、すづまり症状を認めず収量に及ぼす影響もみられなかった。ポット試験でも同様で、発芽後の枯死はなく、すづまり根の発生をみたが、収量も低密度と比べて差はなかった。これらのことは、線虫密度の経済的被害水準がニンジンではかなり高いことを示している。一方、肥大根に線虫侵入が認められなかったことでキタネグサレセンチュウによる黒斑症状⁵⁶⁾とは異なった。また、キタネグサレセンチュウのニンジンに対する加害は、クルミネグサレセンチュウやミナミネグサレセンチュウよりも大きく³⁸⁾、ネグサレセンチュウの種類別に加害時期、加害程度をはっきりさせるのも今後の課題である。

3. ジャガイモのキタネグサレセンチュウ

1) 被害に関する圃場試験

三浦市南下浦町ダイコン栽培圃場で、播種前の薬剤処理(NCS)または無処理により線虫密度の異なる

区を設け、ダイコン栽培後の3月上旬ジャガイモ(おんば)を植付け、5月24日に収穫した。1区10m²、5~7連制、施肥その他は現地慣行法によった。

結果は第15表に示した。ジャガイモの収量をみると、線虫高密度で減収し個数で27%、重量で24%の減少となった。線虫密度は収穫時に播種前よりも増加した。

第15表 線虫密度とジャガイモ収量a)

区別	土壌中線虫密度b)		細根 褐変度	収量c)	
	植付前	収穫時		個数	重量(g)
低密度	0.4	4.6	±	186	6,010
高密度	203.9	621.7	++	136	4,544

a) 神奈川県三浦市南下浦町ダイコン跡地圃場
品種：おんば、低密度は7反復、高密度は5反復の
平均 b) 土壌50g当たり、c) 30株当たり

2) 考察

線虫高密度区に示された収量減は、キタネグサレセンチュウ加害に基づく根の機能障害によって塊茎の肥大が抑制されたためと考えられ、細根が少なく根の表面に特徴ある口唇状の褐変病斑が多数認められ、この部分から線虫が多数分離された。

キタネグサレセンチュウは、ヨーロッパ、北米のジャガイモ栽培地でも普遍的に被害が発生^{22, 82, 89, 92)}し、米国ウィスコンシン州²²⁾では、ジャガイモが生育不良、葉が黄変して収量が減少し、オランダではジャガイモ栽培地の1/3以上に被害がみられるという報告⁹²⁾もある。しかし、これらの報告はイモ(塊茎)の病斑には全くふれておらず、恐らくイモへの線虫の侵入は考えていないのであろう。本試験でも、イモには全く線虫の侵入を認めなかった。しかし、川崎市のキタネグサレセンチュウ多発圃場で採取したジャガイモ塊茎では、皮目を中心に小褐点が認められ、内部に数頭の線虫が認められた(図12)。この病斑は貯蔵後数ヶ月経過しても拡大することなく、線虫の増殖も認めなかった。このことは、1960年代以降、九州・四国を中心にジャガイモを腐らせる線虫として問題となったミナミネグサレセンチュウ³⁴⁾、クルミネグサレセンチュウ⁷⁵⁾がジャガイモの塊茎でさかんに増殖することと比べ、異なる生態を示している。

なお、キタネグサレセンチュウの場合、ジャガイモの品種によって被害が異なることも知られているので⁵⁾、今後の検討課題であろう。

一方、収穫期の線虫密度が低・高の各密度のいずれでも播種前よりかなり高くなったことは、この試験で

のジャガイモ栽培期間中（3月上～5月下旬）の線虫の活動がかなり活発なことを示している。DICKERSON et al²²⁾によればキタネグサレセンチュウのジャガイモでの増殖が16℃で最もよいとしているのが、ジャガイモにおける本種の増殖適温についても今後検討の要がある。

4. サツマイモのキタネグサレセンチュウ

1) 被害に関する室内試験

インゲンマメ栽培後のキタネグサレセンチュウ高密度

度土壌および低密度土壌に、サツマイモ苗（高系14号）を1ポット（1/5,000a）1株ずつ6月17日植付け、ガラス室内で管理し、10月31日根部の被害、線虫密度（土壌と細根）、生育収量を調べた。化成肥料（N, P₂O₅, K₂O 3, 7, 10%）ポット当たり5g, 1ポット1区, 5連制。

結果は第16表に示すとおり、サツマイモの細根には明瞭な黒褐色病斑が多数認められたが（図13）、塊根には全くみられなかった。土壌中線虫密度は収穫時に、植付前の約10%まで低下した。地上部の生育には

第16表 線虫密度とサツマイモの生育収量^{a)}

区 別	土 壌 中 線 虫 密 度 ^{b)}		根 部 褐 変 度		細 根 中 ^{c)} 線虫密度	生 育 収 量	
	植 付 前	収 穫 時	塊 根	根 細		茎葉重(g)	イモ重(g)
低 密 度	2.1	0.9	—	—	1	104	25
高 密 度	1,382	137	—	■	378	109	27

a) 5反復平均値 b) 土壌20g当たり c) 根1g当たり

密度差による影響を認めず、イモ重でも同様であった。

2) 考察

本試験は著しい高密度条件であったにもかかわらず、細根には明瞭な病斑が多数認められたものの根内の線虫密度は高くはなかった。また塊根に全く異常がなかったことから、キタネグサレセンチュウの場合はミナネグサレセンチュウの場合のような塊根の被害³⁵⁾はないと考えられ、収穫時の土壌中線虫密度や細根中線虫密度からみて、サツマイモは本種の好適寄主とはいえない。

5. キャベツのキタネグサレセンチュウ

1) 被害に関する室内試験（1）

神奈川県での代表的な作型である春どりキャベツを対象に、線虫の接種または無接種によりトマトを栽培した土壌にキャベツ苗（金系201, 60日苗）を1ポット（1/5,000a）1株ずつ11月11日に定植、ガラス室で管理し、翌年4月28日にキャベツの生育収量、根部の被害、線虫密度を調査した。施肥は化成肥料（N, P₂O₅, K₂O 各14%）をポット当たり7g, 1ポット1区の3連制。

結果は第17表に示すとおり、キャベツ根部の褐色病

第17表 線虫密度とキャベツの生育収量^{a)}

区 別	土 壌 中 線 虫 密 度 ^{b)}		根 部 褐 変 度	地 上 部 生 育			収 量 (g)	
	植 付 前	収 穫 時		線虫密度 ^{c)}	葉長(cm)	葉幅(cm)		葉数
低 密 度	0	0	±	5	21.0	13.2	24.0	229
高 密 度	511	548	±	4,420	22.8	13.5	24.7	218

a) 3反復平均値 b) 土壌50g当たり c) 根1g当たり

斑はいずれも軽微で密度による差はなく、生育収量も同様であった。しかし、高密度で根中に多数の線虫を認めた。なお、土壌中線虫密度は植付時も収穫時もともに高かった。

2) 被害に関する室内試験（2）

キタネグサレセンチュウの接種または無接種のあと、トマトを植えた線虫高密度土壌と低密度土壌にキャベツ苗（金系201, 50日苗）を1ポット（1/2,000a）1株ずつ11月12日定植、ガラス室で栽培し、12月、1月に

それぞれ生育調査を1回、3月に根の病斑、線虫密度、収量を調査した。施肥は化成肥料（N, P₂O₅, K₂O 各14%）をポット当たり20g, 1ポット1区の5連制。

結果は第18表に示すとおり、線虫高密度で根に褐色病斑が目立ち低密度との差が明瞭であった。根中の線虫密度も高く、同様に低密度との差がはっきりした。生育は高密度でやや劣り、約40%の収量減となった。土壌中線虫密度は植付時よりも収穫時はさらに増加した。

第18表-1 線虫密度とキャベツの根部被害^{a)}

区 別	土 壌 中 線 虫 密 度 ^{b)} 根 部			線虫密度 ^{c)}
	植付前	収 穫 時	褐 変 度	
低 密 度	0	0	±	724
高 密 度	410	3,017	+~#	13,340

a) 5 反復平均値 b) 土壌20 g 当たり

c) 根 1 g 当たり

3) 被害に関する圃場試験

平塚市寺田縄(農業総合研究所)の沖積砂壤土畑で Ethionphos 5%粒剤処理,または無処理によりダイコンを栽培し,収穫後キャベツ苗(金系201, 50日苗)を11月20日定植,翌年5月11日に収穫,土壌中線虫密度およびキャベツ収量を調査した。施肥は化成肥料(N, P₂O₅, K₂O 各14%) 70kg/10a, 一般慣行法による栽培

第18表-2 線虫密度とキャベツの生育収量^{a)}

区 別	生 育 (12月12日)			生 育 (1月21日)			収量(g) (3.14)
	葉 数	葉長(cm)	葉幅(cm)	葉 数	葉長(cm)	葉幅(cm)	
低 密 度	12.2	21.4	15.2	17.6	25.6	19.9	746
高 密 度	10.6* ^{b)}	19.5*	14.0	16.8	23.4*	19.6	457*

a) 前表に同じ b) 星印は高密度,低密度間で ** 1% * 5%水準で有意差あり

とした。1区4.1m², 2連植。

結果は第19表に示したが,キャベツの収量に線虫密度による差は認められなかった。しかし,高密度では根の病斑こそ判然としなかったが,細根1g当たり1,350頭の線虫を認めた。収穫時の線虫密度は,高密度では植付時のそれとほぼ同程度であった。

第19表 線虫密度とキャベツ収量^{a)}

区 別	土 壌 中 線 虫 密 度 ^{b)}		収 量 ^{c)} (kg)
	植付前	収 穫 時	
低 密 度	7.0	1.5	17.42
高 密 度	143	146	17.49

a) 神奈川県平塚市寺田縄ダイコン跡地圃場, 2反復平均値 b) 土壌50 g 当たり c) 8株当たり

4) 考察

一般にアブラナ科作物のキタネグサレセンチュウ寄生による病徴は不明瞭であるが(第2章1, 参照), 本試験でも根中線虫密度が高いのに(4,000頭/1g)病徴が軽く, 低密度の場合と変らなかった。しかし, 著しく密度が高いと(13,000頭/1g)明らかな病斑を認め同時に地上部の生育も抑制された。このようなことから, キャベツに対するキタネグサレセンチュウの被害は密度が著しく高い場合にのみ発生し, キャベツでの線虫の経済的被害水準(密度)はかなり高いことが示唆される。また, 本試験でのキャベツの作型は植付期が晩秋に近い低温期で, 線虫の活動も不活発になる時期である。キャベツの生育がさかんになり収穫が近づいたころから線虫は活動期に入るので, このような両者の活動(キャベツの生育と線虫の増殖)の時間的なずれが被害を大きくさせないようである。さらにキ

ャベツは苗植であることから, 播種に続く発芽後の稚苗期に線虫被害が避けられる, という点も原因の一つとして見逃せない。したがって, キャベツの苗床での被害や線虫の活動期にあたる夏どり栽培での被害について, 新たな問題として検討を要しよう。

ACEDO & ROHDE^{2,3)}は, 無菌条件下のキタネグサレセンチュウの接種によりキャベツの病原性を調べ, 根に最初小さなぼんやりした黄色斑点を生じ, やがてこれが紡錘形になることを観察している。また, 温室栽培ではあるが, 線虫寄生株はすくみ葉柄が短く弱く, 時に萎凋枯死するとされる。OLTHOF & POTTER⁸²⁾は, カナダの夏どりキャベツの被害が6,000~18,000頭/1kg土壌で17%の減収となり, 666~2,000頭では実害はないとしている。しかし, これには品種, 作型, 苗の大きさなども関与するので今後の検討が望まれる。

6. レタスのキタネグサレセンチュウ

1) 被害に関する室内試験

ダイコンで増殖させた線虫多発土壌をOxamyl(1%粒剤)処理によって線虫密度を変え, レタス苗(ペンレーク, 50日苗)を1ポット(1/5,000a)1株ずつ3月27日定植, ガラス室で管理し, 5月13日に根の病斑, 収量, 線虫密度を調査した。施肥は化成肥料(N, P₂O₅, K₂O 各14%)ポット当たり5g, 1ポット1区, 5連制。

結果は第20表に示すとおり, 線虫によるレタス根の褐変は, 低密度および中密度ではわずかで, 根中の線虫密度も低かったが, 高密度では褐変は多く根中密度も顕著に高かった。また, 収量は高密度でやや減収の傾向を認めた。

第20表 線虫密度とレタス根部被害、収量^{a)}

区 別	土壤中線虫密度 ^{b)}		根 部 の 状 況		収 量
	植付時	収穫時	褐変度	線虫密度 ^{c)} (g)	
低 密 度	13.6	32.0	±	81	173.4
中 密 度	75.6	59.8	±	131	178.8
高 密 度	312.8	343.2	≡	2,640	152.2

a) 5 反復平均値 b) 土壌20 g 当たり

c) 根 1 g 当たり

2) 考察

一般にキク科作物(ゴボウ、シュンギク、レタスなど)では線虫の寄生により根に明瞭な褐変が現われ、寄生頻度、寄生密度ともに高い(第2章1、参照)。ゴボウ⁷³⁾、フキ⁷⁶⁾、でも被害が大きいことが報告されている。本試験ではレタスで、根にはっきりした褐色の病斑がみられ(図14)、土壌線虫密度が高いと根中の線虫数は多く、収量低減の傾向がある。柴本¹⁰⁶⁾によ

れば、レタスでは連作によりキタネグサレセンチュウの密度が高まり、特に直播きで著しい被害がみられる。OLTHOF & POTTER⁸²⁾はカナダで、レタスが線虫加害による影響の比較的少ない耐性作物とし、一方、オランダでは、レタスは被害を受けやすい作物としている。もっともレタスは作型が多く、移植も直播きも行われるので、それらと被害との関連を十分解析する必要がある。

7. トマトのキタネグサレセンチュウ

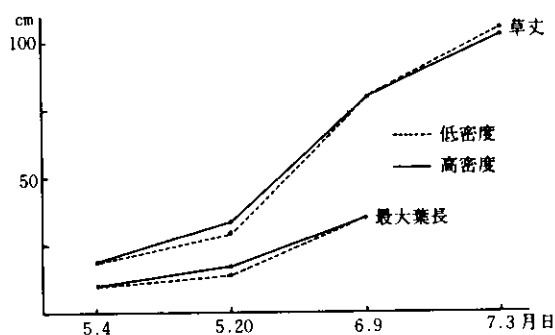
1) 移植栽培の被害に関する室内試験(1)

線虫の接種または無接種によりキャベツを栽培した土壌にトマト苗(光、40日苗)を1ポット(1/5,000a)1株ずつ5月4日に定植、ガラス室で管理し、生育調査、7月3日、線虫密度調査、茎葉重、収量を調査した。施肥は化成肥料(N, P₂O₅, K₂O 各14%)ポット当たり10g、1ポット1区、3連制で行った。

第21表 線虫密度と移植トマトの生育収量^{a)}

区 別	土 壌 中 線 虫 密 度 ^{b)}		根 部 褐変度	茎葉重 (g)	収 量	
	植 付 前	生育末期			個 数	重量(g)
低 密 度	0	0	—	118	3.0	133
高 密 度	548	168	≡	125	3.3	136

a) 3 反復平均値 b) 土壌20 g 当たり



第8図 異なる線虫密度での移植トマトの生育

結果は第21表、第8図に示すとおり、トマトの根にはキタネグサレセンチュウにより多数の褐色病斑が認められたが、トマトの生育は草丈、最大葉長ともに線虫密度による差はなかった。茎葉重、トマト果実重もほぼ同様であった。

2) 移植栽培の被害に関する室内試験(2)

線虫の接種または無接種によりインゲンマメを4ヵ月栽培した土壌にトマト苗(福寿2号、120日苗)を1

ポット(1/2,000a)1株ずつ3月5日定植、ガラス室で管理し、生育収量調査、7月27日根の病斑、線虫密度調査を行った。施肥は化成肥料(N, P₂O₅, K₂O 各14%)を基肥15g、追肥4月2日10g、5月6日15g、1ポット1区、5連制で行った。

結果は第22表(1、2)に示したが、移植トマトには高密度で根の褐変が多かったが、地上部の生育では茎の太さを除き密度による差はほとんど認められなかった。線虫密度は定植4ヵ月以上後(生育末期)に約12倍に増加した。

3) 直播き栽培の被害に関する室内試験

前記試験(7.2))の終了後のポットにトマト(光)を

第22表-1 線虫密度と移植トマトの根部症状^{a)}

区 別	土 壌 中 線 虫 密 度 ^{b)}		根 部 褐変度
	植 付 前	生育末期	
低 密 度	0	0	—
高 密 度	103	1,268	≡

a) 5 反復平均 b) 土壌20 g 当たり

第22表-2 線虫密度と移植トマトの生育収量^{a)}

区 別	3月12日		4・5			5・13		収 量 ^{b)}	
	草 丈 (cm)	節 数	最大葉長 (cm)	最大葉幅 (cm)	節 数	最大葉長 (cm)	最大葉幅 (cm)	茎の太さ (cm)	個 数 重 量 (g)
低 密 度	43.0	11.2	35.5	34.0	17.0	36.9	37.1	1.06	33.6 604
高 密 度	42.2	12.0	34.3	34.6	17.2	36.9	35.8	0.98*	31.2 796

a) 前表に同じ b) 4月23日～7月10日の総収穫量 その他は第18-2に同じ

第23表 線虫密度と直播きトマトの生育^{a)}

区 別	土 壌 中 線 虫 密度(植付前)	根 部 褐 変 度	生 育 ^{b)}		
			草 丈(cm)	葉 数	莖葉重(g) ^{c)}
低 密 度	0	±	46.0	7.4	13.6
高 密 度	1,268	卅	25.4**	5.2*	2.8*

a) 5反復平均値 b) 1ポット8株調査 c) 1株当たり その他は第18表-2に同じ

1ポット10粒ずつ8月3日に播種、9月21日に生育、根の病斑を調査した。肥料は無施用、1ポット1区、5連制。

この結果(第23表)、高密度ではトマト根が線虫の寄生で褐変し、根系全体がいちけて貧弱となり地上部の生育も明らかに劣った。

4) 考察

線虫の寄生により根に口唇状で内部が裂壊した紡錘形の明瞭な褐色の病斑が認められた。線虫高密度土壌で褐変が多く、根全体がいちけて異常さが目立ち、根量の少ない貧弱な根系となる。しかし、これはトマトを直播きした場合で、苗植栽培では線虫密度がかなり高くてもその影響は認めがたく、逆に増収の傾向さえみられた。つまり、トマトでは線虫の経済的被害水準(密度)がかなり高いものと思われる。

永沢・堀江⁷¹⁾はポット試験で、キタネグサレセンチュウ接種のトマトは植付1ヵ月後から生育に差を生じたとし、MILLER⁶⁶⁾もポット試験で、線虫は低密度でもトマトの生育を阻害すると報告した。一方、POTTER & OLTHOF⁹⁶⁾は線虫が低密度では逆にトマトの収量を高め、その経済的被害は360頭/1kg以上としたが、こ

の数字は本試験のそれよりも低い。いずれにせよこのような差は、トマトの品種、苗の大きさ、施肥量などでも相違しよう。

・MYERS⁷¹⁾は、線虫密度とトマトの生育収量の間には肥料三要素の影響も複雑にからみあうと報告しているが、施肥との関連の究明も今後の課題である。

8. インゲンマメのキタネグサレセンチュウ

1) 被害に関する室内試験

キャベツ栽培後の線虫高密度および低密度土壌にインゲンマメ(マントル)を1ポット(1/2,000a)8粒ずつ4月8日に播種、ガラス室で管理し、5月23日にインゲンマメの生育を、6月4日～7月16日の収量を、7月16日に根部の被害および線虫密度を調査した。施肥は化成肥料(N, P₂O₅, K₂O各14%)ポット当たり5g、1ポット1区、5連制。

結果は第24表のとおり、高い線虫密度では、インゲンマメの根の線虫寄生による褐変が著しく、根系全体が黒変し、根中の線虫密度も著しく高い。一方、低密度では、褐変は少なく、寄生密度も低く、明らかな差があった。しかし、地上部の生育には線虫密度による

第24表 線虫密度とインゲンマメの生育収量^{a)}

区 別	土 壌 中 線 虫 密 度 ^{b)}		根 部		生 育 収 量			
	播 種 前	生 育 末 期	褐 変 度	線 虫 密 度 ^{c)}	草 丈 (cm)	最大葉長 (cm)	莖 葉 重 (g)	収 量 (g)
低 密 度	0	0	+	20	33.4	10.7	11.1	168.6
高 密 度	3,017	3,239	卅	94,913	28.6	10.7	10.5	169.4

a) 5反復平均値 b) 土壌20g当たり c) 根1g当たり

差を認めず、収量についても同様であった。

2) 考察

インゲンマメはキタネグサレセンチュウが最も増殖しやすい寄主植物の1つであるが(第2章1, 6参照)、本試験で示されたように、著しく高密度でも地上部の生育に大きな影響を与えないようである。一般にマメ科植物には本種の好適寄主が多いが^(18,91)、岡本ら⁽⁸¹⁾はエンドウを用いた試験で、多くの品種は接種が無接種よりも初期生育が良好であったとし、またCHAPMAN⁽⁷⁾はネグサレセンチュウは高密度でもアルファルファとレッドクロバーの生育に大きな影響は及ぼさないとしている。しかし他方、レッドクロバーでは本種の寄生で被害が大きき⁽⁹²⁾、また、ウズラマメでも同様とする報告⁽⁹⁸⁾があることから、品種や栽培時期なども検討を要しよう。

9. キタネグサレセンチュウの発生、被害の特徴、およびその査定に関する考察

我が国におけるキタネグサレセンチュウの被害は、ダイコン、ゴボウ、ニンジンなどの主要根菜類をはじめ、レタス⁽¹⁰⁶⁾、フキ⁽⁷⁶⁾、薬用ニンジン⁽⁵⁴⁾、イチゴ⁽¹⁰⁸⁾、ボタン⁽¹⁾、トリカブト⁽⁵⁹⁾などでも知られ、このほかのおもな寄主作物^(33, 45, 46, 63, 135)は、ダイズ、アズキ、インゲンマメ、クローバ類、オカボ、トウモロコシ、エンバク、オーチャードグラス、イタリアンライグラス、テンサイ、ジャガイモ、トマト、キュウリ、スイカ、ハッカ、ナシ、スギ、ヒノキ、リンゴなどがあげられ、キタネグサレセンチュウが農業上の重要な線虫種の一つに数えられるのはこのためである。

キタネグサレセンチュウが根菜類に及ぼす被害のなかで、ダイコンの被害は、1951年ころから神奈川県三浦市、横須賀市で発生し、全国的に著名な線虫被害事例の一つであった。キタネグサレセンチュウはその後、同県下のダイコン栽培地域全域に広がり、「三浦大根」としての全国的な声価に暗い影をおとすダイコン栽培上の重要な問題となった。第1章では、ダイコンの被害発生の歴史的経過、被害と作型との関連、ダイコン品種間の線虫寄生の差異、線虫密度と被害との関係などを明らかにした。

ダイコンの作型では、被害がすべての作型に及ぶことを認め、主要作型での根中の線虫密度の消長と病徴(肥大根の病斑)の発生時期などを明らかにした。また、ダイコン品種間の線虫寄生および被害の差異を検討したが、これらは被害を予測する上で有益である。特に

近年、ダイコンの被害が全国的に増加しつつあるが、これまで述べたキタネグサレセンチュウの密度とダイコン被害との関係を明らかにした一連の試験は、線虫の経済的被害水準(密度)、ひいては要防除水準を示す上で実用面でも重要であろう。

ダイコン以外の根菜類として、ニンジンでのキタネグサレセンチュウ寄生と被害を検討し、栽培面積が近年飛躍的に増大している短根ニンジンが長ニンジンに比べて線虫寄生が少なく、被害も小さいことを明らかにした。イモ類のうち、ジャガイモでの被害を調べ、キタネグサレセンチュウは、ミナミネグサレセンチュウやクルミネグサレセンチュウのジャガイモ塊茎に及ぼす被害とは本質的に異なって病斑を形成することなく(小病斑は発生するが貯蔵中に拡大することはない)、細根への線虫寄生およびそれによる被害(減収)に限定されることがわかった。サツマイモの場合は、キタネグサレセンチュウの寄主ではあるが高密度土壌でも減収がはっきりせず、いわゆる実害はほとんどないと考えられた。

葉菜類では、キャベツ、レタスに及ぼすキタネグサレセンチュウの加害を検討したが、キャベツでは線虫の経済的被害水準(密度)がかなり高いことがわかり、レタスでは線虫の寄生密度も高く、病斑も多いことから感受性であることがわかった。

果菜類ではトマトについて検討したが、苗移植を普通とする現在の栽培法に従うかぎり、キタネグサレセンチュウによる実害は大きいとはいえないようである。また、マメ類のうちインゲンマメについても調べたが、キタネグサレセンチュウの寄生密度はインゲンマメでかなり高いものの、それが被害としてはでにくい耐虫性作物と考えられた。

一般に線虫による作物被害(実害)は、同じ作物でも直播きか移植(苗植)かによって線虫被害が大きく異ってくる。また一口に苗植といっても、苗の大きさによって線虫被害が異なることがリンゴ⁽⁵⁰⁾で知られる。これに似た事例として、本試験でもトマトの場合に、直播きでは線虫被害は大きい移植トマトでの被害は小さくなく、したがって直播きと移植(苗植)のいずれの方法も選択できる作物については、線虫被害回避の視点から、両方法での線虫被害の実態把握および利害の比較が必要である。この検討の場合の一つの要素として、作物の栽培時期は重要であろう。たとえば、作物の生育(特に初期生育)時期と線虫の増殖適温とが重なる場合には被害は最も大きくなり、反対に、

作物の生育時期(つまり生育温度)を線虫の増殖適温からずらすことによって、積極的に線虫被害を回避できる(期せずして回避してきた例は多い)。このほか施肥量(特にその不足)や土壌湿度(特に早ばつや多湿)など土壌理化学的要因が線虫被害を左右するという指摘^{57, 82)}もある。

第2章 キタネグサレセンチュウの生態

1. 各種作物の病斑形成と線虫の増殖

キタネグサレセンチュウは根の皮層部に侵入寄生することにより組織に壊死を起こし、褐色で不規則な形の病斑を形成する。しかし、植物の種類によって線虫の寄生頻度や寄生密度が異なるため、病斑の色、形、大きさ、数など(病斑型)は一樣ではない。そしてこのことは、キタネグサレセンチュウの検診上の基礎的な指標となる。そこでイネ科をはじめとする9科28種の作物について、キタネグサレセンチュウによる病斑型や線虫増殖度などを比較するため次の実験を行った。

方 法

神奈川県三浦市産キタネグサレセンチュウ土壌(300頭/50g)を径6cmの素焼鉢につめ、各作物の種子(ジャガイモは種イモ)を5月9日に播き、ガラス室で管理し、6月1日に根を堀取り水洗し、次に示す基準で病斑型、病斑指数およびラクトフェノール法による根内の線虫寄生状況から増殖度を調べた。1鉢1区の3連制で、栽植株数はジャガイモ、ソラマメは1株、その他は2~10株。

(1) 病斑型(病斑の外観的評価)

- A. 病斑が全く認められない。
- B. 病斑が不鮮明で健全部との境界もはっきりしない。
- C. 病斑が鮮明

(2) 病斑指数(病斑の量的評価)

次の5段階評価法によって調査した。

- 0 病斑が全く認められない。
- 1 病斑はわずか
- 2 病斑が根系全体に散見
- 3 病斑は多数
- 4 病斑は多数、根系の一部は腐敗脱落、根はいちけ細根の発生は少ない

(3) 線虫増殖度(線虫寄生度の評価)

算出法は病斑指数に同じ

- 0 線虫の寄生は全く認められない
- 1 線虫の寄生数は少ない

- 2 線虫の寄生数は少ないが、増殖が認められる
- 3 線虫の寄生数は並、増殖もかなり認められる
- 4 線虫の寄生数は多く、増殖が顕著

(4) 線虫寄生と病斑形成との関係

- 両者の関連がなさそう
- ± 両者の関連がはっきりしない
- +
- ++ 両者の関連がある
- +++ 両者の関連がはっきり

結 果

結果は第25表に示すとおりである。

(1) 病斑型

病斑の形成は作物の種類によって異なるが全体としては、同科の作物が同じ病斑型を示す傾向が認められた。しかしイネ科ではB型(境界不鮮明)が多いのに、イネは鮮明な褐変(C)が観察された。マメ科ではインゲンマメなど7種すべてが鮮明な特徴ある病斑(C)がみられ(図15)、褐色、暗褐色、紫色~紫褐色の紡錘形病斑を示した。ウリ科作物のキュウリとカボチャはともに健全部との境界不鮮明(B)で、はじめは淡黄色または淡褐色、のち水浸状となった。ナス科のトマトとジャガイモはともに鮮明な褐変を示し、褐点は進行すると中央部が裂壊した口唇状病斑を示した。アブラナ科の病斑はウリ科に似て境界不鮮明で淡黄色であったが、ひだ状の条斑もみられた。セリ科のニンジン、パセリはともに病斑はやや不鮮明で淡黄~黄褐色であった。キク科ではゴボウが紡錘形の鮮明な褐変、シュンギクが淡黄または茶色の不鮮明な条斑であった。アカザ科のハウレンソウ、テンサイはともに不鮮明病斑で、ユリ科はタマネギ、ネギ、ニラいずれも病斑を認めなかった。

(2) 病斑指数

病斑指数が最も高いのはゴボウ(92)で、次いでルーサン(89)、タイズ(75)、ササゲ(65)であった。病斑が鮮明なマメ科(33~89)、キク科(56, 92)が病斑指数も総じて高く、不鮮明なイネ科(0~50)、ウリ科(28, 31)、アブラナ科(15~25)では低い傾向が示された。

(3) 線虫増殖度

キク科とユリ科の作物で増殖度が目立って高く、マメ科ではインゲンマメだけが同様であった。セリ科とウリ科がこれに次いで高く、イネ科とアブラナ科はともに低い方である。

(4) 線虫寄生と病斑との関係

染色による根内の観察では、病斑部に線虫の集団を

第25表 各種作物の病斑形成と線虫の増殖

科 名	作 物 名 (品 種)	病斑型	病 斑 指 数	線 虫 増殖度	線虫寄生と病斑 形成との関係
イ ネ	イ ネ(農 林 29)	C	50	2	+
	オ オ ム ギ(竹 林)	B	20	2	±
	コ ム ギ(農 林 61)	B	18	2	±
	トウモロコシ(東京早生)	B	8	2	±
	チ モ シ ー(不 明)	A	0	2	—
マ メ	インゲンマメ(マントル)	C	50	4	++
	ア ズ キ(中 納 言)	C	50	2	++
	サ サ ゲ(不 明)	C	65	2	++
	ダ イ ズ(不 明)	C	75	3	++
	ラッカセイ(改良半立)	C	33	2	+
	ソ ラ マ メ(不 明)	C	38	2	+
	ル ー サ ン(不 明)	C	89	3	+
	ウ リ	B	28	3	+
ナ ス	キュウリ(落合節成)	B	31	3	++
	カボチャ(東 京)	B~C	31	3	+
アブラナ	ト マ ト(福寿2号)	C	55	3	+
	ジャガイモ(男しゃく)	C	25	2	+
	ダイコン(三 浦)	B~C	25	2	±
	キャベツ(黒葉理想)	B	15	2	+
セ リ	ハクサイ(松島新2号)	B	16	2	±
	ニンジン(鮮紅大長)	B	58	3	+
	パ セ リ(不 明)	B	29	3	+
キ ク	ゴ ボ ウ(渡辺早生)	C	92	4	++
	シュンギク(不 明)	B~C	56	4	++
アカザ	ホウレンソウ(シスターランド)	B	48	2	±
	テンサイ(不 明)	B~C	40	3	+
ユ リ	タ マ ネ ギ(今井早生)	A	3	4	—
	ネ ギ(石倉太慈)	A	7	4	—
	ニ ラ(不 明)	A	0	3	±

みる例が多く、したがって病斑形成と線虫寄生の両者の関係は総じて密接といえるが、作物の種類によっては必ずしもはっきりしなかった。つまり病斑が鮮明(病斑型C)で、病斑指数が高く、かつ線虫の増殖度が高ければ、病斑形成と線虫寄生との関係がはっきりし、マメ科、ウリ科、ナス科、キク科、アカザ科のテンサイはその例であり、セリ科もそれに近かった。しかし反対に、ユリ科のように病斑を認めない(病斑型A)のに線虫の増殖度が特に高いのは、両者の関連が密接でないことを示している。以上に例示した以外のイネ科、アブラナ科、アカザ科のホウレンソウでは、概して病斑形成と線虫寄生との関係がはっきりしなかった。

一方、病斑のかたが主根と細根によって異なる場合があり、たとえば、ダイコン、ホウレンソウでは、主根には褐変が認められるのに、細根では線虫の集団があっても病斑を認めなかった。

考 察

キタネグサレセンチュウが無菌条件下でも根に病斑を生ずる、いわゆる病原性をもつことは、これまで多くの研究者により報告されている(7, 40, 70, 93, 95, 99, 119, 120,)。本試験は無菌条件ではないが、作物の種類によっては病斑が全く認められない場合もあったが、概して病斑を生じる作物が多く、その病斑が輪画の鮮明な場合と健全部との境界が不鮮明な場合とがあった。後藤³⁵⁾はミナミネグサレセンチュウで、山田¹³⁴⁾は北海道産のキタネグサレセンチュウで、それぞれ作物の種類により異なる病斑を生ずることをみている。本試験でユリ科作物に病斑を認めなかったことは山田¹³⁴⁾の報告と一致した。また、ダイコン、ホウレンソウでは、主根に病斑が形成されるのに細根には線虫の集団を認めながら病斑が形成されなかった。このことは、クルミネグサレセンチュウのイチゴにおける調査例¹³⁾と類似してい

る。PITCHER et al⁹⁾はキタネグサレセンチュウを無菌条件下でリング実生苗に接種し、細根の線虫寄生に対する反応を調べ、表皮と下皮および内部皮層と内皮に急速な褐変が起こるのに、その中間の皮層柔組織に全く反応が示されないことを観察した。そしてこの反応が、すべての皮層柔組織が褐変するモモの場合とは異なることを認め、このような根の反応の差異は根部の組織がもつフェノール物質の反応と量に由来することを示唆した。ユリ科のように病斑形成を認めない例やタイコンでの主根と細根との反応の差異などは、このようなフェノール物質の存在と量が原因の一つと推定される。

一方、各作物の線虫増殖度からみて、キタネグサレセンチュウの好寄主としてあげられるのはク科、ユリ科、セリ科、マメ科のインゲンマメなどがあるが、これはこの線虫の嗜好性を示すものであろう。

2. 温度と線虫の増殖

キタネグサレセンチュウの増殖に温度がどのような影響を及ぼすかを知る目的で、キャベツを供試して次の試験を行った。

試験1 キャベツにおける線虫増殖と温度(1)

方 法

あらかじめ殺線虫土壤に播種育成し、のち素焼鉢(径6cm)に移植したキャベツ苗(44日苗、本葉2.5枚)およびインゲンマメの土壤で増殖させベルマン法で分離したキタネグサレセンチュウを供試した。苗に1株当たり2,500頭(成、幼虫)の線虫を接種し、所定温度(15、20、25、30℃)の恒温槽および室温(平均13.7℃)に設置、接種12日後に保温遊出法で根中の寄生線虫数を調査した。調査時の土壤水分は31~34%の範囲であった。なお、素焼鉢は土壤水分の逸散防止のため上部をビニール被覆し、恒温槽内の照明はプラントルクスによった。1鉢1区、4連制とした。

結 果

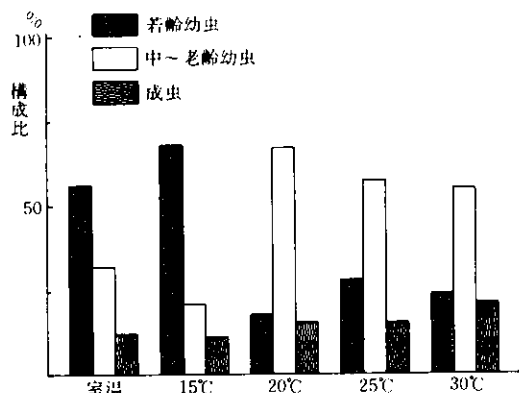
結果は第26表、第9図に示した。

キャベツの生育は室温と15℃が良好で、20℃と25℃はほぼ同程度、30℃はやや不良であったが、寄生線虫数も同様で、室温と15℃で多く、次いで20℃と25℃がほぼ同数、30℃が最も少なかった。根内から分離された線虫の発育段階比率(第9図)をみると、室温と15℃では若齢幼虫の比率が高く、20、25、30℃はいずれも

第26表 温度と線虫分離数^{a)} (寄主:キャベツ)

区 別	根重(mg)	線 虫 の 発 育 段 階			合 計
		若齢幼虫	中老齢幼虫	成 虫	
室温(13.7℃) b)	43.3	344	198	73	615
15℃	31.5	332	110	51	493
20℃	32.5	56	219	50	325
25℃	28.0	100	203	33	336
30℃	47.8	45	112	42	199

a) 4 反復平均値(保温遊出法は25℃14日間) b) 最高18.2℃, 最低9.1℃



第9図 異なる温度条件下のキャベツで増殖したキタネグサレセンチュウの発育段階別比率(1)

中老齢幼虫の比率が高かった。

試験2 キャベツにおける線虫増殖と温度(2)

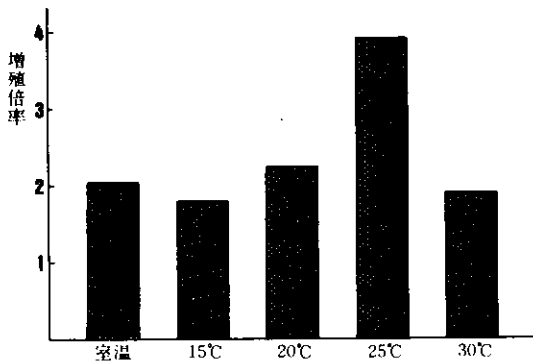
方 法

あらかじめ殺線虫土壤に播種し、30日間育成させたキャベツ苗(本葉2枚)を、キタネグサレセンチュウ高密度土壤(136頭/50g)をつめた6cm素焼鉢に1株ずつ植え、室温下に7日間おいたのち、所定温度(15、20、25、30℃)の恒温槽および室温条件(12.4~14.9℃)に設置し、10日後に根部の寄生数を保温遊出法により調査した。調査時の土壤水分は33~35%、鉢は土壤水分の低下を防ぐため全体をビニール被覆、1鉢1区、4連制で試験を行った。

第27表 温度と線虫分離数^{a)}

区 別	根重(mg)	褐 変 指 数	線 虫 発 育 段 階			合 計
			若齡幼虫	中老齡幼虫	成 虫	
室 温 ^{b)}	27.5	25.0	37	452	317	806
15℃	26.8	43.8	50	460	196	706
20℃	26.0	40.6	445	258	150	853
25℃	25.5	56.3	855	331	243	1,429
30℃	14.3	62.5	225	98	70	393

a) 4 反復平均値 b) 12.4~14.9℃

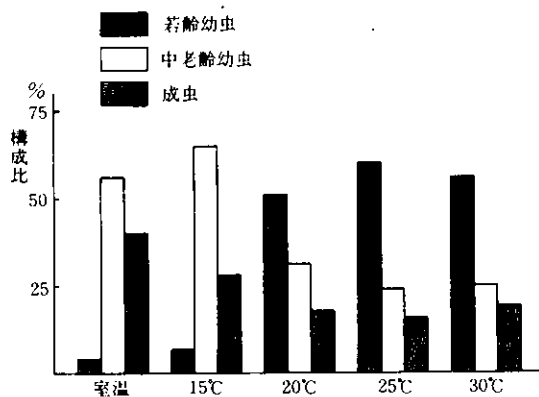


第10図 線虫の増殖倍率

$$\text{増殖倍率} = \frac{\text{17日間寄生数}^{**}}{\text{7日間寄生数}^{*}}$$

* 1,420頭/根100mg

** あらかじめ線虫を寄生させた7日間を含む



第11図 異なる温度条件下のキャベツで増殖したキタネグサレセンチュウの发育段階別比率(%)

結 果

結果は第27表、第10、11図に示した。

キャベツの生育は30℃がやや不良で根量も少なかったが、その他はほぼ順調な生育を示した。病斑指数は25、30℃で高く、室温で最も低かった。

線虫の増殖率は25℃がきわ立って高く、他の温度では大きな差はみられなかった。線虫の发育段階構成比率は15℃と室温区で中老齡幼虫の比率が高く、他の温度では若齡幼虫の比率が高かった。

考 察

本試験では、キタネグサレセンチュウのキャベツ苗への侵入後の増殖を各種温度条件で調べた。

試験1では、線虫分離数が30℃で比較的少ないほか各温度(15、20、25℃)および室温(平均13.7℃)で大差なく、したがって線虫の根への侵入は15℃の低温でも活発なことがわかる。次に15℃および室温で若齡幼虫の構成比率が特異的に高かったが、これは根内の線虫を分離計数するのに25℃14日間の保温遊出法によるため、その分離過程でふ化した幼虫が含まれたものと考えられる。つまりキタネグサレセンチュウの卵期間は15℃で25日、24℃で8~10日とされるので⁶⁴⁾、15℃および室温でのふ化遅延がこの原因であろう。なお30℃では増殖の抑制が明らかで、この点はMAMIYA⁶⁴⁾の報告と一致する。

試験2では、線虫の増殖率が25℃できわ立って高いことが注目され、この温度が線虫の増殖適温に近いことを示している。MAMIYA⁶⁴⁾はスギ苗でのキタネグサレセンチュウの卵期間からみた適温を24℃とし、MITSUI et al⁶⁷⁾はアルファルファールのカルス培養によって増殖適温を25℃前後と報告している。本試験ではまた、試験1と異なり15℃と室温での若齡幼虫比が低く、逆に20、25、30℃で高いが、これは高温で産卵数が多かったからと考えられる。なお根の褐変は高温ほど多くみられ、温度による線虫分離数とは一致しなかった。

以上の試験によってはっきりしたことは、(i)神奈川県産キタネグサレセンチュウは増殖適温が25℃前後と考えられ、30℃では増殖が抑制される。(ii)15℃は線虫の増殖を抑制するが、線虫の土壌から根への侵入はこの温度でもかなり活発である。なお DICKERSON

et al¹²⁾によれば、米国ウイスコンシン産のキタネグサレセンチュウは、増殖適温がトウモロコシでは24℃、ジャガイモでは16℃とされ、このように増殖適温が作物の種類で変わることは考えられないことではない。本試験に供したキャベツが比較的低温性の作物で、実際には30℃では生育がやや劣ったが、このような作物の種類、その種類の温度感受性、根の伸長条件が直接あるいは間接に線虫寄生の動向を変えることは考えられ、今後の検討が必要である。

3. 水中における線虫の生存

キタネグサレセンチュウの水中における生存期間を水温との関連で明らかにする目的で次の試験を行った。

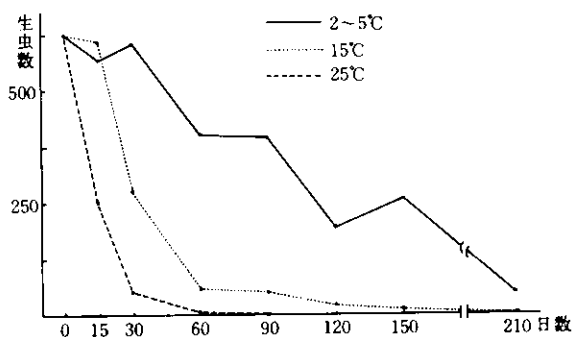
方 法

水道水を用いたベルマン法で分離した線虫を、300ml 広口瓶に約300mlの水と共に入れ、2～5℃、15℃、25℃の条件で経時的に懸濁液をとり線虫の動不動（解剖針による刺激も含む）等から生死を判別した。広口瓶は数日ごとにかく拌した。

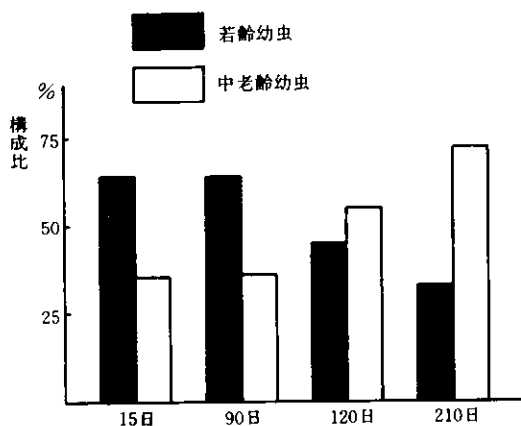
結 果

結果は第12、13図に示した。

温度条件の異なる水中でのキタネグサレセンチュウの生存期間は、低温ほど長く高温ほど短かった。すなわち2～5℃では、30日間生存線虫数にはほとんど変化がなく、その後は日数の経過とともに減少したが210日後でもなお生存する線虫を認めた。次に15℃では、60日後に既にかなり死亡し、150日後の生存数はわずかとなり、さらに25℃では、60日後にごくわずしか生存しなかった。また本試験の2～5℃での経過日数別幼虫構成比でみると、若齢幼虫は中老齢幼虫に比べて生存力は弱い。



第12図 異なる水温中でのキタネグサレセンチュウの生存と日数（線虫数は2ml 8反復の合計数）



第13図 2～5℃におけるキタネグサレセンチュウの幼虫発育段階別比率

考 察

線虫の水中での行動を観察すると、時間の経過とともに線虫体内に脂肪球のようにみえる内容物（顆粒状物質）を次第に失うが、明らかに死亡と判定できるのはその内容物を失い、からだの形がくずれた時である。この死亡は高温ほど顕著であった。線虫の水中での生存期間は、低温ほど長く高温ほど短かったが、田中ら¹¹²⁾はサツマイモネコブセンチュウ *Meloidogyne incognita* で、高温ほど体内貯蔵物が早く減少し寄生力も低下することを観察し、これは物質代謝による消耗に温度が大きく関与するためと考えた。VAN GUNDY et al¹³¹⁾も、ジャワネコブセンチュウ *M. javanica*、ミカンネセンチュウ *Tylenchulus semipenetrans* で体内内容物を長く保持できる要因の一つとして低温をあげている。後藤³⁵⁾はミナミネグサレセンチュウの場合で、水中での生存期間が25℃でおおむね4ヵ月、水中に被害根の組織や土壌が混入していると2ヵ月と推定している。

4. 土壌中における線虫の生存

植物寄生性線虫の多くは、寄主不在の土壌でも長期間生存できることが知られ^{4, 25, 26, 27, 28, 39, 97, 112)}ているが、キタネグサレセンチュウの場合の寄主不在土壌での生存を温度との関連で明らかにする目的で次の試験を行った。

方 法

供試土壌は腐植に富む火山灰土壌で、あらかじめポット（1/2,000a）につめインゲンマメ（マントル）を栽培してキタネグサレセンチュウを増殖させ、インゲンマメ枯れ上り後、篩（3mm）で土壌中の残根および

土塊を除去し十分に混和した。この土塊100gをポリエチレン袋につめ、2～5℃、15℃、25℃および屋外(百葉箱)の各温度にそれぞれ50個ずつ設定し、所定の時期に土壌中の線虫密度をベルマン法(20g、25℃24時間)で調査した。同時に指標植物(インゲンマメ)を、土壌50gをつめた径6cmの素焼鉢に播種し、10日後に根を水洗して根の褐変度と寄生数(保温遊出法、25℃7日間)を調査した。試験は1967年10月から1973年1月まで行い、試験開始時の土壌水分含量33%、毎年土壌水分を測定して減少分を補充した。

結 果

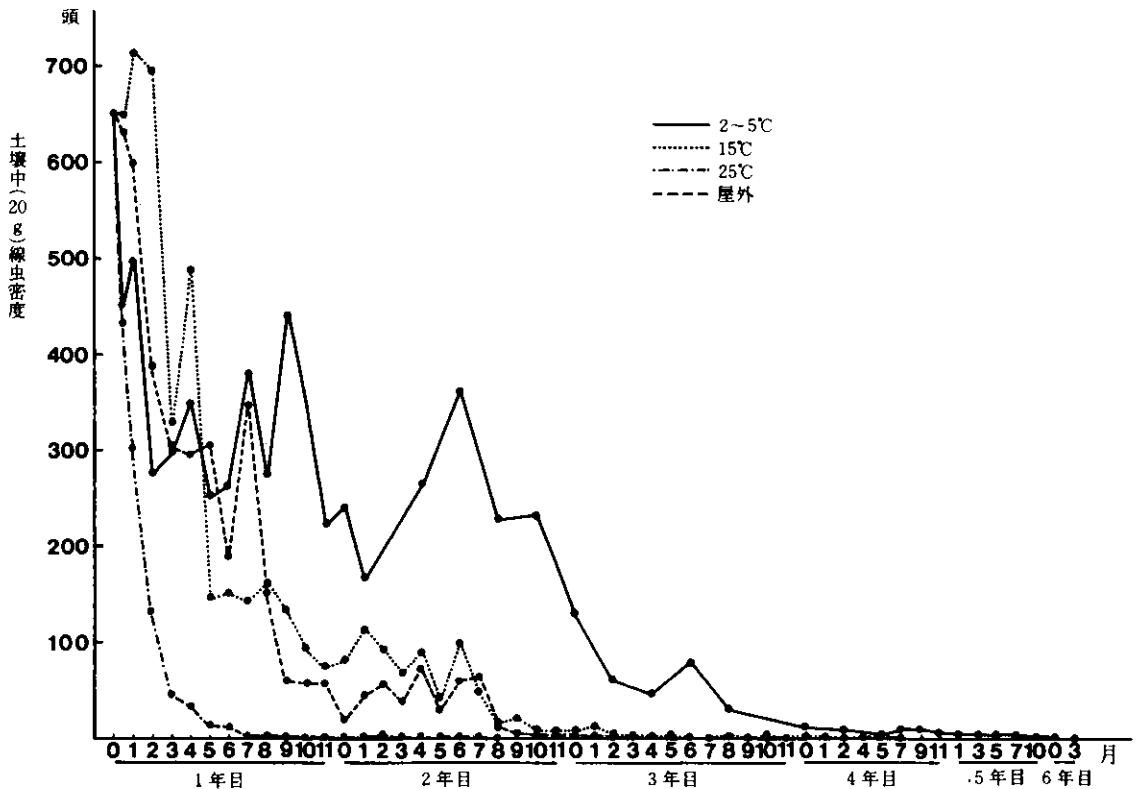
〔土壌中の線虫密度〕 土壌中の線虫密度の調査結果は第14図のとおりで、2～5℃に保存した土壌中で線虫は最も長期間生存した。この場合、試験開始後1年10ヵ月ころまでは生存数(分離数)は比較的安定していたが、その後はやや急激に死亡し5年3ヵ月後には生存が確認されなくなった。次に15℃では、5ヵ月目以降に死亡がふえはじめ3年7～9ヵ月で生存を確認できなくなった。25℃では、線虫の生存期間がさらに短くなり1年10ヵ月ころまで、屋外の場合も1年9

ヵ月(1969年7月)ころではごくわずか、2年11ヵ月(1970年11月)に生存が認められなくなった。

〔インゲンマメに対する寄生状況〕 結果は第28表に示したとおりで、線虫の寄生で根に現われる褐変の数(褐変度)と根中に寄生する線虫密度(寄生密度)の両者には、かなりはっきりした相関が示され、さらに褐変度と寄生密度の両者は土壌中(生存)線虫密度とも密接な相関を示した。

考 察

キタネグサレセンチュウはポリエチレン袋に保存した土壌中で長期間生存でき、2～5℃の低温ではほぼ5年間生存、15℃で3年5ヵ月間、25℃で1年9ヵ月間生存した。屋外では2年9ヵ月間生存できる。つまりキタネグサレセンチュウは寄主植物が存在しない土壌でも数年間生存可能であることがこの試験ではっきりした。TOWNSHEND⁽²³⁾はキタネグサレセンチュウが2、10、20℃のうち2℃で生存率が最も高いと報じたが本試験の結果にはほぼ一致する。温度の上昇で死亡がふえ生存が短くなる理由は、高温なほど線虫の代謝がさかんになり、体内の内容物の消耗が激しく、しか



第14図 異なる土壌温度でのキタネグサレセンチュウの生存

第28表 異なる土壤温度で生存したキタネグサレセンチュウのインゲンマメに対する寄生

設 定 年	期 間 月	2~5℃		15℃		25℃		屋 外	
		褐変度 a)	寄生数 b)	褐変度	寄生数	褐変度	寄生数	褐変度	寄生数
1 年目	0	■	995	■	995	■	995	■	995
	1		—	■	1,403	■	1,168	■	1,208
	2		—	■	1,430	■	811	■	2,017
	3		—	■	1,462	■	1,656	■	3,650
	5	■	1,832	■	693	■	204	■	1,478
	7	■	3,554	■	3,024	+	423	■	2,164
	8	■	1,065	■	959	+	199	■	570
	10	■	761	■	1,211	±	42	+	343
2 年目	0	■	861	■	2,133	±	12	+	387
	2		—	+	612	—	40	+	406
	4	■	390	+	162	—	9	+	461
	6		—	+	107	—	2	+	86
	8	■	230	±	19	—	1	+	114
	10		—	±	15	—	0		—
3 年目	0	■	346	+	59	—	0	—	8
	2		—	±	23			±	25
	4		—	±	58			—	7
	6	+	92	—	8			—	0
	8		—	—	2			—	4
	10		—	—	0			—	0
4 年目	0	+	100	—	1			—	0
	2		—	—	1			—	0
	4	±	17	—	1				
	9	±	15	—	0				
5 年目	1	—	7						
	5	—	27						
6 年目	0	—	37						

a) —(無), ±(微), +(少), ■(中), ■(多)の5段階とした b) 根1g(2株)当たり

も食物摂取の対象である寄主が不在では、早期の死亡は避けられないと考えられる。

本試験の屋外の温度は、夏期は平均約25℃、最高35℃で、1968、1969の両年の夏(8~10ヵ月後、1年9~10ヵ月後)に死亡数が目立ったのは、高温による抑制と考えられる。一方、冬期の平均気温は5℃前後、最低-9℃で氷点下を記録した日も少なくなかったが、その期間は長くはなく、低温が線虫の生存をおびやかすほどの影響ではなかったようである(5、低温耐性の項参照)。

なお、本試験での供試土壌の水分は33%ではは適当と考えられた。TOWNSHEND¹²³⁾はキタネグサレセンチュウが土壌水分の上昇で生存期間が短くなり、土壌の種類で生存率が異なることをみているが、これらの点は今後検討すべき課題であろう。同氏はまた、成虫と第4期幼虫は第3、2期よりも生存力があると報じ

ているが、本試験の観察結果もこれと同じであった。

5. キタネグサレセンチュウの低温耐性

ネグサレセンチュウではその種類により発生地域(分布型)に特異性がみられ、後藤³³⁾によると寒地型、全土型、暖地型、南島型、稀発型(または移入型)の5つの分布型に分けられる。キタネグサレセンチュウは寒地型を示す代表的な種類であるが、その分布要因や越冬生態の解析上重要な低温耐性を明らかにする目的で次の試験を行った。

試験1 線虫の生存と温度条件(その1)

方 法

ポット栽培のダイコンで増殖させた線虫高密度土壌(三浦市火山灰埴壤土)を篩(3mm目)で残根および土塊を除去混和し、その100gをポリエチレン袋につめ、所定期間各温度で保存し、のち袋を室温にもどして線

虫密度をベルマン法(20g, 25℃24時間)により調べた。また7日目, 30日目の土壌は, その50gを径6cm素焼鉢につめ, 指標植物(インゲンマメ)を25℃で生育させ, 播種11日(30日目は16日)後に根を採取水洗し, 線虫による褐変度と寄生密度(保温遊出法, 25℃

7日間)を調査した。試験は3~4月に実施し, 開始時の線虫密度は66頭/20g, 土壌水分は26%であった。

結 果

結果は第29表に示した。

0℃でのキタネグサレセンチュウの生存は, 経過日

第29表 キタネグサレセンチュウの生存と低温条件(1)

区 別	土 壤 中 線 虫 密 度 ^{a)}					インゲンマメの線虫寄生			
	1日目	3日	7日	16日	30日	7日目		30日目	
						褐 変 度 ^{b)}	寄生密度 ^{c)}	褐 変 度	寄生密度
0℃	93.0	41.0	41.0	88.8	155.3	+	458	+	825
-5℃	71.5	28.5	40.0	14.8	1.8	+	234	+	35
-10℃	37.0	4.5	4.5	0	0	±	47	±	0
-20℃	31.5	10.5	12.5	7.3	2.0	+	171	±	3

a) 土壌20g当たり b) 第28表に同じ c) 根1g当たり

数によるふれはあるが試験期間の30日間ほぼ安定していた。しかし, -5℃では16日以降の死亡が目立ち, 30日目での生存はかなり少数であった。-10℃と-20℃の場合は, 短期間の3日目以降での死亡が目立った。なお, -10℃では16日以降に生存を認めなかったが, -20℃では30日までごくわずかに生存するものがあった。

なお, 低温に所定期間保存された線虫についての観察によれば, 線虫体内の顆粒状物質が部分的に消失して空胞がふえ, からだ全体が透明な個体すらみられた(図3)。これは, -10℃, -20℃の場合は特に顕著であった。

また, 本試験では低温下の土壌中での線虫の生死を, 土壌からの直接的な線虫分離数と間接的なインゲンマメ寄生の両方から調べたわけであるが, 第29表でみる限り両者はかなり一致した傾向を示した。

試験2 線虫の生存と温度条件(その2)

方 法

ポット栽培のインゲンマメで増殖させた線虫高密度土壌(横須賀市, 土性は前試験に同じ)を篩(3mm目)

で残根および土塊を除去混和し, その土壌100gをポリエチレン袋につめ, 2日間の予冷(0℃)ののち所定の温度条件および屋外の百葉箱に1~39日間保存し, のち室温にもどして土壌中の線虫密度をベルマン法(20g, 25℃24時間)で調査した。また39日目の土壌は, 30ml広口瓶につめインゲンマメを育て(25℃, 30日間), その根の褐変度と保温遊出法(25℃, 7日間)による寄生密度を調査した。試験は1973年1月8日~2月16日に行い, 開始時の土壌線虫密度は200頭/20g, 土壌水分はほぼ適正であった。

結 果

結果は第30表に示した。

0℃では日数の経過とともに線虫の生存数は減少し, 39日目には約半数となった。この生存数の減少(死亡数の増加)は, 低温になるにつれて早まり, -5℃では1日間でかなり減り9日目ではほぼ死滅し, -10℃では4日目にはほぼ死滅, さらに-20℃ではわずか1日間でほぼ死滅した。一方, 屋外の百葉箱では試験期間中の平均が4.4℃で低温条件とはいいがなく, 線虫を死滅

第30表 キタネグサレセンチュウの生存と低温条件(2)

区 別	土 壤 中 線 虫 密 度							インゲンマメの線虫寄生 (39日目)	
	1日目	4日	9日	15日	25日	39日		褐 変 度	寄生密度
0℃	203.7	179.3	98.0	128.7	124.3	103.0		+	1,456
-5℃	86.7	23.3	1.3	2.3	0.7	0.3		-	1
-10℃	48.7	0.3	0	0	0	0		-	0
-20℃	1.7	0.7	0.3	0	0	0		-	2
屋 外 ^{a)}	212.5	-	-	204.0	173.7	226.0		+	1,519

a) 1973年1月8日~2月16日(平均気温4.4℃, 最高18.1℃, 最低-7.0℃) その他は第29表に同じ

させるほどの影響は示されなかった。

考 察

キタネグサレセンチュウは、我が国に分布する十数種のネグサレセンチュウの中でも代表的な寒地型分布の種類で、主として本州中部以北がその分布地域である³³⁾。したがってキタネグサレセンチュウには北方ないし寒地分布型への生理的適応が考えられる。今回の神奈川県三浦市および横須賀市産のキタネグサレセンチュウを用いた低温耐性についての試験により、その低温耐性ははっきり示されたといえる。試験1と試験2では結果がかならずしも同一ではなく、特に試験1では -10°C 、 -20°C の3～7日間でも生存できる線虫個体数が少数とはいえ認められ、反対に試験2では低温で短時に線虫は死亡した。これが試験年次(1972と73年)や増殖植物(ダイコンとインゲン)、産地、土壤条件などの相違に基づくものかははっきりしない。

両試験を通じてはっきりしたことは、キタネグサレセンチュウの生存に及ぼす低温の影響として、 0°C はかなりの長時間にわたりその影響を無視できるほど小さく、 -5°C は4～10日以上ではかなりの死亡個体があるものの、39日でもわずかながら生存個体を認め致死的影响とはいえない。しかし、 -10°C 以下では短時間で線虫は死亡するようで、条件によっては試験1、2の場合のように30～39日後でもわずかながら生存が起こりえるのであろう。MILLER⁶⁵⁾によると、キタネグサレセンチュウの死亡率は -4°C 、14日間で75～88%、 -15°C は24時間以内で99%、 -15°C 、15日間では100%であった。つまり実験による結果のばらつきが目立つが結論として、キタネグサレセンチュウは氷点温度付近あるいは氷点下数度の低温では比較的長期間生存が可能であることが示唆され、寒地型分布種としての生理的適応をそこにみることができる。

低温条件で、ある期間過ごした線虫個体の多くは、体内の顆粒状物質が部分的に消失し、空白を生じ、顆粒状物質がないので半透明な個体も少なくないが、この現象は低温ほどはっきりした。SAYRE¹⁰⁵⁾の実験によれば、キタネコブセンチュウ *M. hapla* は -5°C ～ -8°C で体内に氷の結晶を生じ、温度の上昇で氷が溶けると体内に空胞を生じることを観察した。本試験でもこのような空胞はみられたが、これが氷の生成とどのようなかわるかは明らかでない。またネコブセンチュウでも寒地型のキタネコブセンチュウは暖地型のサツマイモネコブセンチュウに比べ耐寒性が強く^{79, 104, 105)}、卵は幼虫よりも強いとされる⁴⁾。

屋外の百葉箱での調査に示されるように、その試験期間(1月8日～2月16日)が最も低温にもかかわらず死亡する線虫個体はほとんど認められなかった。この露場の地温は、深さ5～15cmでは氷点以下の日は皆無であった。もっとも、寒雪酷寒の北海道帯広市でも、2月の土壤凍結は深さ62cmに達するが⁴¹⁾、10～30cm深さの地温は -0.7°C ～ -1.0°C 程度¹³³⁾であるので、キタネグサレセンチュウの生存に及ぼす影響は、神奈川県ではもちろん北海道でさえ小さいものと考えられる。むしろKABLE⁵²⁾が指摘するように土壤水分が線虫の生存を大きく左右する要因ではなからうか。

6. キタネグサレセンチュウの寄主植物

キタネグサレセンチュウの寄主範囲はきわめて広いとされ、これまでも主要な作物について線虫の寄生性が検討されてきた^{18, 51, 91, 134)}。筆者も1966年以降、本種の寄生性を調査^{14, 15, 18)}してきたので、その結果をここにとりまとめることとする。

方 法

供試したキタネグサレセンチュウは神奈川県三浦市産の個体群で、これを殺線虫土壤に接種し、夏期はインゲンマメ、トマトで、冬期はダイコン、キャベツで増殖させて用いた。まず線虫高密度土壤を径6cmまたは12cmの素焼鉢につめ、試験植物を植え、ガラス温室内でおおむね70日間育てた。試験植物には種子を用いたが、種子採取のできないものは、さし木苗や根(球根など)を用いた。調査のため堀上げた根は、酸性フクシン・ラクトフェノール法により組織内の線虫寄生状況を解剖顕微鏡下で調査した。線虫寄生度の判定は次の5段階によった。線虫の寄生を認めない(－)、寄生がきわめて少ない(±)、寄生が少ない(+)、寄生が並(＝)、寄生が多い(≡)。

結 果

結果を第31表に示した。

試験した植物の種類は合計48科177種で、このうちキタネグサレセンチュウの好適寄生が多かったのはマメ科、キク科、ウリ科、ユリ科、セリ科であった。全体を通じ非寄主植物といえるのはわずかに4種で、マリーゴールドの3種とハマスゲであった。線虫寄生がきわめて少ない植物としては11種があげられ、アスパラガス、サトイモ、チャ、サツキ、雑草のイヌタデ、スイバ、ツメクサ、ドクダミなどが含まれる。次いで線虫寄生の少ない植物としては70種があげられ、これには作物ではイネ、ムギ類、アズキ、ナンキンマメ、ソ

第31表 各種植物におけるキタネグサレセンチュウの寄生性

植 物 名	寄生程度
Gramineae イネ科	
<i>Oryza sativa</i> L. (イネ)	+
<i>Hordeum vulgare</i> L. (オオムギ)	+
<i>Triticum aestivum</i> L. (コムギ)	+
<i>Zea mays</i> L. (トウモロコシ)	+
<i>Phleum pratense</i> L. (チモシー)	+
<i>Sorghum sudanense</i> STAPF. (スーダングラス)	卍
<i>Sorghum bicolor</i> MOENCH (ソルゴー)	+
<i>Setaria italica</i> BEAUV. (アワ)	+
<i>Setaria viridis</i> BEAUV. (エノコログサ)	卍
<i>Echinochloa crus-galli</i> BEAUV. (イヌビエ)	+
<i>Digitaria adscendens</i> HENR. (メヒシバ)	卍
<i>Eragrostis multicaulis</i> STEUD. (ニワホコリ)	+
<i>Arthraxon hispidus</i> MAKINO (コブナグサ)	±
<i>Eleusine indica</i> GAERTN. (オヒシバ)	卍
<i>Zoysia japonica</i> STEUD. (シバ)	+
<i>Poa annua</i> L. (スズメノカタビラ)	+
<i>Avena fatua</i> L. (カラスムギ)	+
<i>Coix lachrymajobi</i> L. (ジュズダマ)	+
Leguminosae マメ科	
<i>Phaseolus vulgaris</i> L. (インゲンマメ)	卍
<i>Glycine max</i> MERRILL (ダイズ)	卍
<i>Vigna angularis</i> WIGHT (アズキ)	+
<i>Vigna sinensis</i> ENDL. (ササゲ)	+
<i>Pisum sativum</i> L. (エンドウ)	卍
<i>Arachis hypogaea</i> L. (ラッカセイ)	+
<i>Canavalia gladiata</i> DC. (ナタマメ)	+
<i>Vicia faba</i> L. (ソラマメ)	+
<i>Vicia angustifolia</i> L. (カラスノエンドウ)	卍
<i>Vicia tetrasperma</i> SCHREB (カスマグサ)	卍
<i>Vicia hirsuta</i> GRAY (スズメノエンドウ)	卍
<i>Trifolium pratense</i> L. (アカクロローバ)	卍
<i>Medicago sativa</i> L. (ルーサン)	卍
<i>Lespedeza cuneata</i> G.DON (メドハギ)	卍
<i>Astragalus sinicus</i> L. (ゲンゲ)	卍
<i>Crotalaria retusa</i> L. (タヌキマメ)	+
Cruciferae アブラナ科	
<i>Raphanus sativus</i> L. (ダイコン)	+
<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>capitata</i> L. (キャベツ)	+
<i>Brassica pekinensis</i> RUPR. (ハクサイ)	+
<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>botrytis</i> L. (カリフラワー)	卍
<i>Brassica rapa</i> L. (カブ)	+
<i>Brassica napus</i> L. (アブラナ)	卍
<i>Brassica juncea</i> CZERN. et COSS. (カラシナ)	+
<i>Rorippa indica</i> HIERON. (イヌガラシ)	卍
Compositae キク科	
<i>Arctium lappa</i> L. (ゴボウ)	卍

植 物 名	寄生程度
<i>Petasites japonicus</i> MIQ. (フキ)	卅
<i>Chrysanthemum coronarium</i> L. (シュンギク)	卅
<i>Chrysanthemum morifolium</i> RAMAT. (キク)	卅
<i>Lactuca sativa</i> L. (レタス)	卅
<i>Lactuca indica</i> L. (アキノノゲシ)	+
<i>Helianthus annuus</i> L. (ヒマワリ)	卅
<i>Callistephus chinensis</i> NEES (エゾギク)	+
<i>Cosmos bipinnatus</i> CAV. (コスモス)	卅
<i>Erigeron annuus</i> PERS. (ヒメジョオン)	卅
<i>Erigeron philadelphicus</i> L. (ハルジョオン)	卅
<i>Erigeron canadensis</i> L. (ヒメムカシヨモギ)	卅
<i>Senecio vulgaris</i> L. (ノボロギク)	卅
<i>Artemisia princeps</i> PAMP. (ヨモギ)	卅
<i>Galinsoga ciliata</i> BLAKE (ハキダメギク)	卅
<i>Sonchus oleraceus</i> L. (ノゲシ)	卅
<i>Xanthium strumarium</i> L. (オナモミ)	+
<i>Bidens flondosa</i> L. (アメリカセンダングサ)	卅
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L. var. <i>elatior</i> DESC. (アタクサ)	卅
<i>Gnaphalium affine</i> D.DON (ホオコグサ)	—
<i>Tagetes erecta</i> L. (アフリカンマリーゴールド)	—
<i>Tagetes patula</i> L. (フレンチマリーゴールド)	—
<i>Tagetes minuta</i> L. (メキシカンマリーゴールド)	—
Solanaceae ナス科	
<i>Lycopersicon esculentum</i> MILL. (トマト)	卅
<i>Solanum melongena</i> L. (ナス)	+
<i>Solanum tuberosum</i> L. (ジャガイモ)	+
<i>Capsicum annuum</i> L. (トウガラシ)	+
<i>Capsicum annuum</i> L. var. <i>angulosum</i> MILL. (シシトウガラシ)	+
<i>Nicotiana tabacum</i> L. (タバコ)	±
<i>Datura alba</i> NEES (チョウセンアサガオ)	+
<i>Physalis alkekengi</i> L. var. <i>francheti</i> HORT. (ホオズキ)	+
Cucurbitaceae ウリ科	
<i>Cucumis sativus</i> L. (キュウリ)	卅
<i>Cucumis melo</i> L. var. <i>conomon</i> MAKINO (シロウリ)	+
<i>Cucurbita moschata</i> DUCH. (ニホンカボチャ)	卅
<i>Cucurbita pepo</i> L. (ペボカボチャ)	卅
<i>Citrullus vulgaris</i> SCHRAD. (スイカ)	卅
<i>Luffa cylindrica</i> ROEMER (ヘチマ)	卅
<i>Lagenaria siceraria</i> STANDL. (ユウガオ)	+
<i>Lagenaria siceraria</i> STANDL. var. <i>gourda</i> HARA (ヒョウタン)	+
Liliaceae ユリ科	
<i>Allium cepa</i> L. (タマネギ)	卅
<i>Allium fistulosum</i> L. (ネギ)	卅
<i>Allium tuberosum</i> ROTTL. (ニラ)	±
<i>Asparagus officinalis</i> L. (アスパラガス)	+
<i>Tulipa gesneriana</i> L. (チューリップ)	+
<i>Lilium longiflorum</i> THUNB. (テッポウユリ)	+

植 物 名	寄生程度
<i>Chlorophytum comosum</i> JACQUES (オリズラン)	+
Umbelliferae セリ科	
<i>Daucus carota</i> L. (ニンジン)	+
<i>Cryptotaenia japonica</i> HASSK. (ミツバ)	+
<i>Petroselinum crispum</i> HYM. (パセリー)	+
<i>Chamaele decumbens</i> MAKINO (セントウソウ)	+
<i>Hydrocotyle sibthorpioides</i> LAM. (チドメグサ)	+
Chenopodiaceae アカザ科	
<i>Spinacia oleracea</i> L. (ホウレンソウ)	+
<i>Beta vulgaris</i> L. var. <i>saccharifera</i> ALEF. (テンサイ)	+
<i>Chenopodium album</i> L. var. <i>centrorubrum</i> MAKINO (アカザ)	+
<i>Chenopodium album</i> L. var. <i>stenophyllum</i> MAKINO (ホソバアカザ)	+
<i>Chenopodium ambrosioides</i> L. (アリタソウ)	+
<i>Kochia scoparia</i> SCHRAD. (ホウキギ)	+
Polygonaceae タデ科	
<i>Fagopyrum esculentum</i> MOENCH (ソバ)	+
<i>Polygonum blumei</i> MEISN. (イヌタデ)	+
<i>Polygonum persicaria</i> L. (ハルタデ)	+
<i>Polygonum orientale</i> L. var. <i>pilosum</i> MEISN. (オオケタデ)	+
<i>Polygonum aviculare</i> L. (ミチヤナギ)	+
<i>Polygonum nepalense</i> MEISN. (タニソバ)	+
<i>Polygonum filiforme</i> THUNB. (ミズヒキ)	+
<i>Rumex acetosa</i> L. (スイバ)	+
<i>Rumex japonicus</i> HOUTTUYN (ギンギン)	+
Rosaceae バラ科	
<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> DUCH. (イチゴ)	+
<i>Eriobotrya japonica</i> LINDL. (ビワ)	+
Convolvulaceae ヒルガオ科	
<i>Ipomoea batatas</i> LAM. (サツマイモ)	+
<i>Pharbitis nil</i> CHOISY (アサガオ)	+
<i>Quamoclit pennata</i> BOJER. (ルコウソウ)	+
<i>Calystegia japonica</i> CHOISY (ヒルガオ)	+
Labiatae シソ科	
<i>Perilla frutescens</i> BRITTON var. <i>crispa</i> DECNE. (シソ)	+
<i>Coleus blumei</i> BENTH. (コリウス)	+
<i>Salvia splendens</i> SELLO ex NEES (サルビア)	+
<i>Lamium amplexicaule</i> L. (ホトケノザ)	+
<i>Glechoma hederacea</i> L. var. <i>grandis</i> KUDO (カキドオシ)	+
<i>Ajuga decumbens</i> THUNB. (キランソウ)	+
<i>Scutellaria indica</i> L. (タツナミソウ)	+
Dioscoreaceae ヤマノイモ科	
<i>Dioscorea batatas</i> DECNE. (ナガイモ)	+
<i>Dioscorea japonica</i> THUNB. (ヤマノイモ)	+
Araceae サトイモ科	
<i>Colocasia esculenta</i> SCHOTT (サトイモ)	+
Pedaliaceae ゴマ科	
<i>Sesamum indicum</i> L. (ゴマ)	+
Malvaceae アオイ科	

植 物 名	寄生程度
<i>Abelmoschus esculentus</i> MOENCH (オクラ)	卅
Vitaceae ブドウ科	卅
<i>Vitis</i> sp. (ブドウ)	
Theaceae ツバキ科	±
<i>Thea sinensis</i> L. (チャ)	+
<i>Camellia japonica</i> L. (ツバキ)	
Caryophyllaceae ナデシコ科	+
<i>Stellaria media</i> VILL. (コハコベ)	卅
<i>Stellaria alsine</i> GRIMM var. <i>undulata</i> OHWI (ノミノフスマ)	卅
<i>Cerastium caespitosum</i> GILIB. var. <i>ianthes</i> HARA (ミミナグサ)	±
<i>Sagina japonica</i> OHWI (ツメクサ)	卅
<i>Dianthus chinensis</i> L. (セキチク)	
Euphorbaceae トウダイグサ科	卅
<i>Acalypha australis</i> L. (エノキグサ)	+
<i>Phyllanthus urinaria</i> L. (コミカンソウ)	卅
<i>Euphorbia humifusa</i> WILLD. (ニシキソウ)	卅
<i>Euphorbia supina</i> RAFIN. (コニシキソウ)	
Geraniaceae フウロソウ科	卅
<i>Geranium nepalense</i> SWEET (ゲンノショウコ)	+
<i>Pelargonium</i> × <i>hortorum</i> L. H. BAILEY (ゼラニウム)	
Amaranthaceae ヒユ科	±
<i>Celosia argentea</i> L. var. <i>cristata</i> O. KUNTZE (ケイトウ)	+
<i>Gomphrena globosa</i> L. (センニチコウ)	卅
<i>Achyranthes fauriei</i> LÉV. et VAN. (ヒナタイノコズチ)	卅
<i>Amaranthus blitum</i> L. (イヌヒユ)	
Begoniaceae シュウカイドウ科	卅
<i>Begonia evansiana</i> ANDR. (シュウカイドウ)	+
<i>Begonia semperflorens</i> LINK et OTTO (ペゴニア)	
Aizoaceae ツルナ科	+
<i>Mollugo stricta</i> L. (ザクロソウ)	卅
<i>Lampranthus spectabilis</i> N. E. BR. (マツハギク)	
Commelinaceae ツユクサ科	卅
<i>Commelina communis</i> L. (ツユクサ)	+
<i>Tradescantia fluminensis</i> VELL. (シロフハカタガラクサ)	
Iridaceae アヤメ科	+
<i>Crocus</i> sp. (クロッカス)	
Cyperaceae カヤツリグサ科	+
<i>Cyperus microiria</i> STEUD. (カヤツリグサ)	-
<i>Cyperus rotundus</i> L. (ハマスゲ)	
Campanulaceae キキョウ科	+
<i>Platycodon grandiflorum</i> A. DC. (キキョウ)	卅
<i>Campanula punctata</i> LAM. (ホタルブクロ)	
Rubiaceae アカネ科	卅
<i>Paederia scandens</i> MERRILL. var. <i>marirei</i> HARA (ヘクソカズラ)	
Oxalidaceae カタバミ科	卅
<i>Oxalis corniculata</i> L. (カタバミ)	
Saxifragaceae ユキノシタ科	卅
<i>Centaurea cyanus</i> L. (ヤグルマソウ)	卅
<i>Saxifraga stolonifera</i> MEERB. (ユキノシタ)	

植 物 名	寄生程度
Scrophulariaceae ゴマノハグサ科	
<i>Antirrhinum majus</i> L. (キンギョソウ)	+
<i>Mazus japonicus</i> O. KUNTZE (トキワハゼ)	+
Saururaceae ドクダミ科	
<i>Houttuynia cordata</i> THUNB. (ドクダミ)	±
Balsaminaceae ツリフネソウ科	
<i>Impatiens balsamina</i> L. (ホウセンカ)	+
Plantaginaceae オオバコ科	
<i>Plantago asiatica</i> L. (オオバコ)	+
Papaveraceae ケシ科	
<i>Macleya cordata</i> R. BR. (タケニグサ)	+
<i>Eschscholzia californica</i> CHAM. (ハナビシソウ)	+
Acanthaceae キツネノマゴ科	
<i>Justicia procumbens</i> L. var. <i>leucantha</i> HONDA (キツネノマゴ)	+
Basellaceae ツルムラサキ科	
<i>Basella rubra</i> L. (ツルムラサキ)	+
Primulaceae サクラソウ科	
<i>Lysimachia japonica</i> THUNB. (コナスビ)	+
Portulacaceae スベリヒユ科	
<i>Portulaca oleracea</i> L. (スベリヒユ)	+
Oenotheraceae アカバナ科	
<i>Oenothera erythrosepala</i> BORB. (オオマツヨイグサ)	+
Moraceae クワ科	
<i>Fatoua villosa</i> NAKAI (クワクサ)	+
Lardizabalaceae アケビ科	
<i>Akebia quinata</i> DECNE. (アケビ)	+
Ericaceae ツツジ科	
<i>Rhododendron indicum</i> SWEET (サツキ)	±
Thymelaeaceae ジンチョウゲ科	
<i>Daphne odora</i> THUNB. (ジンチョウゲ)	+
Oleaceae モクセイ科	
<i>Ligustrum japonicum</i> THUNB. (ネズミモチ)	+
Violaceae スミレ科	
<i>Viola</i> sp. (スミレ)	+

ラマメ、ダイコン、キャベツ、ハクサイ、ナス、ジャガイモ、トウガラシ、サツマイモなどのほか、ビワ、ツバキ、ヒマワリ、コスモス、チューリップ、テッポウユリ、アサガオなどが含まれ、雑草ではコブナグサ、ニワホコリ、スズメノカタビラ、ハコベなどであった。線虫寄生が並の植物としては69種がわかったが、これにはトマト、キュウリ、ニンジン、ダイズ、カリフラワー、アブラナ、イチゴ、テンサイ、ソバなどのほか、エゾギク、コスモス、ヤグルマソウ、エノコログサ、メドハギ、ヒメジョオン、ノボロギク、ノゲシ、イヌビユなど重要な野菜花卉園芸作物や雑草が含まれる。線虫寄生の多い植物は23種でインゲンマメ、エンドウ、

ゴボウ、シュンギク、レタス、フキ、オクラ、ネギ、タマネギ、スーダングラス、キク、雑草ではイヌガラシ、エノキグサ、カラスノエンドウ、スズメノエンドウなどが含まれる。

考 察

JENSEN⁵¹⁾は、キタネグサレセンチュウに非感受性の被覆作物を33種のイネ科およびマメ科の中から捜したが、いずれもが寄主植物であった。OOSTENBRINK⁹¹⁾はキタネグサレセンチュウの寄生状況を調べた182種の植物の中で、マメ科植物に好適寄主が多いと述べている。永沢・堀江⁷³⁾は東京都産のキタネグサレセンチュウで検討し、線虫寄生のきわめて少ない作物としてコムギ、

サツマイモ、スイカをあげ、山口・牧¹³⁷⁾は兵庫県産で、線虫が侵入しがたい作物としてトウモロコシ、サツマイモ、ワタ、ゴマなどをあげ、さらに山田¹³⁴⁾は北海道産で、アスパラガスとトウガラシを線虫にとって不適な寄主とした。このほかキタネグサレセンチュウの寄主植物については横尾¹⁴⁰⁾や清水・後藤¹⁰⁷⁾による報告がある。

これまであげたキタネグサレセンチュウの寄主、非寄主についての多くの報告は、本試験の結果(第31表)と必ずしも完全に一致しているわけではないが、これには材料としての産地、個体群、レース、活性などの相違だけではなく、調査法、作物の品種や系統、栽培時期や生育条件など線虫の寄生性に影響を及ぼすさまざまな試験条件の相違も考えなければならない。いずれにせよ、キタネグサレセンチュウの寄主範囲はきわめて広く、ほとんどの野菜や重要栽培植物が含まれるほか、多くの雑草も含まれ、逆に非寄主植物としては多くの試験にもかかわらずごく少数に過ぎない。なおCORBETT²⁰⁾はキタネグサレセンチュウの寄主植物は350種以上に及ぶとしている。

7. キタネグサレセンチュウの寄生と土壌条件

キタネグサレセンチュウの生態、特に寄生状態に土壌条件がどのような影響を及ぼすかを明らかにするため次の試験を行った。

方 法

神奈川県下の代表的な砂質土壌(茅ヶ崎市)と粘質土壌(横須賀市)および両者の等量混合土壌を用い、それぞれ1/5,000aポットにつめ、ポット当たり3,600頭の線虫を接種し、1作目はダイコン(10月16日～1月9日)、2作目はトマト(2月21日～5月17日)、3作目ダイコン(5月31日～8月2日)をガラス温室で栽培し、終了後、線虫の土壌中密度と寄生状況を調べた。なお根内の線虫密度はミキサー法により、土壌中の線虫密度はベルマン法によった。1ポット1区、3連制。

結 果

供試土壌は第32表に示すような土粒構成で、砂質土壌は粗砂と細砂を主体とし、粘質土壌は微砂が中心で細砂と粘土とをかなり含む。

・この二つの土壌およびその混合土壌で同一作物に対する線虫の寄生状況を土壌間で比較すると(第33表)、

第32表 供試土壌の土粒構成^{a)}

種 類	粗砂(%)	細砂(%)	微砂(%)	粘土(%)	土 性
砂質土壌	53.9	45.3	0.7	0.1	L.Co.S(壤質粗砂土)
粘質土壌	9.1	23.0	48.7	19.2	Si.C.L(微砂質埴壤土)

a) pHは両土壌とも6.2(H₂O)

第33表 異なる土壌でのキタネグサレセンチュウの作物寄生^{a)}

区 別	1 作目 ダイコン			2 作目 トマト		3 作目 ダイコン		
	被害度 ^{b)}	線虫密度		褐変度 ^{b)}	線虫密度 土壌 根	褐変度 ^{c)}	線虫密度	
		土壌 ^{d)}	根 ^{e)}				土壌	根
砂 質	—	4.7	158	≡	54.7 2,000	≡	41.7	6,770
粘 質	—	2.0	23	±	4.0 76	±	1.7	12
混合土	—	0	202	±	7.0 26	±	10.7	61

a) 3反復平均値 b) —(無), ±(微), +(少), ≡(中), ≡(多) c) 細根の褐変 d) 土壌20g当たり
e) 細根1g当たり

1作目のダイコンでは、線虫密度は全般に低かったが土壌間の差がはっきりし、混合土が高く粘質土が低かった。次いで2作目トマトでは、根にみられる褐色病斑が砂質土で顕著で(図16)、根内の線虫密度も根の褐変度を反映して砂質土だけがきわ立って高く、さらに3年目のダイコンでもこの傾向が一層強まる結果となった。

考 察

キタネグサレセンチュウの寄生は砂質土できわ立って大きく、粘質土では小さいことがはっきりした。

土性は土壌線虫の発生とは密接な関係があり、ネコブセンチュウ^{78,109)}は砂質土で、キタネグサレセンチュウ^{43,69,92,94)}も砂質土や孔隙の多い土壌でそれぞれ発生が多く、TOWNSHEND & WEBBER¹²¹⁾、TOWNSHEND¹²²⁾

は線虫の移動や寄主への侵入は、粗い粒子の土壤（砂壤土）がこまかい粒子の土壤（埴土および壤土）に比べて良好であると報じた。ENDO²³⁾はネグサレセンチュウ *P.brachyurus* は、砂壤土が壤土、砂土、埴壤土に比べて寄生量が多く、砂壤土はこの線虫の活動に好適な環境で、土壤中の空気、孔隙、粒子の大小が影響することを報じている。

8. キタネグサレセンチュウの生態に関する考察

キタネグサレセンチュウの寄生がもたらす根部の病斑は、作物の種類によって異なり次の三つの型に大別される。(i)病斑が形成されない場合(ネギ科の例)、(ii)はっきりした病斑が形成される(マメ科、ナス科の例)、(iii)病斑と健全部との境がはっきりしない場合(ウリ科、アブラナ科、セリ科など)。このような病斑はキタネグサレセンチュウによる被害を把握するうえの基礎的な特徴であり、診断や検診上の有益な指標と考えられる。カナダのモモについて、キタネグサレセンチュウがある種の酵素の分泌によって根組織中のアミグダリンを分解し有害物質を生ずるという研究⁹⁵⁾もあり、そこでの病斑の形成にはフェノール物質が関与するといわれている。

キタネグサレセンチュウはきわめて広い寄主範囲をもつことがはっきりしたが、同時に寄主の種類によって線虫の寄生度(根の病斑)や寄生密度に大きな差異がみられることもはっきりした。したがって、線虫防除における作物の連輪作体系の意味も大きいといわねばならない。さらに前述の病斑型(A)のように少数ではあるがある種の作物によっては、根の病斑形成と線虫の寄生密度とが必ずしも連動しないことがあるので、線虫の診断や検診には十分に注意が必要である。また、寄主植物の中に多くの野菜や重要栽培作物が含まれる一方、寄主としての各種の雑草も含まれており、この点は圃場の衛生管理上からも重要である。

キタネグサレセンチュウの増殖適温は25℃前後で、15℃と30℃では増殖は抑制されるが、15℃での寄主への侵入はかなり活発であった。第1章で述べたように神奈川県三浦半島の冬どりダイコンで、1～2月に病斑や線虫密度がふえるのは、線虫が冬期でも活動し、低温耐性の性質とともに寒地型線虫の特徴を示している。

キタネグサレセンチュウはある温度の水中で、ある期間生存できるが、高温になるほどその生存期間は短くなるので、田畑輪換や夏期の湛水(または水田化)

による防除の可能性が示唆される。線虫は、実験的には土壤中でも高温なほど生存期間が短くなるとはいえ、野外または圃場の自然条件下では長期間の生存が可能であるので、休閑等の対策が線虫防除に特に有効とは思われない。キタネグサレセンチュウの低温耐性は確かに大きいことが判明したが、このことは北海道のような寒冷地でも越冬可能な寒地分布型を説明する上で重要である。一方、土性による線虫の寄生に差がみられ、粘質土に発生少なく砂質土に発生が多く、したがってある地域内での土性による生息分布の異同が考えられる。

第3章 キタネグサレセンチュウの薬剤感受性

キタネグサレセンチュウは、他の植物寄生種に比べ殺線虫剤に対する耐性が明らかに強く、その結果、薬剤防除効果が十分でないとする例が多く知られている^{8, 31, 55, 72)}。筆者はキタネグサレセンチュウがサツマイモネコブセンチュウやクルミネグサレセンチュウに比べて、D-DおよびEDBに対して強いことを既に報告^{9, 12)}したが、その後の試験もあわせてここにとりまとめることとする。なお、薬剤感受性の検定法としては、土壌くん蒸法と薬液浸漬法の二つがあるが、これに加えて筆者は脱脂綿に線虫懸濁液を注入し、密閉容器内でくん蒸する新しい検定法を考案した。この場合、線虫の生死鑑別法としてはフィルター透過能力によって判定するMOJE⁶⁸⁾の方法があるが、これの応用として、脱脂綿と木綿布を利用しベルマン法に準じて生線虫を回収する方法を採用した。一方、密閉容器内の土壌くん蒸法、ガラス容器の土壌くん蒸法³²⁾も併用した。

1. 材料および方法

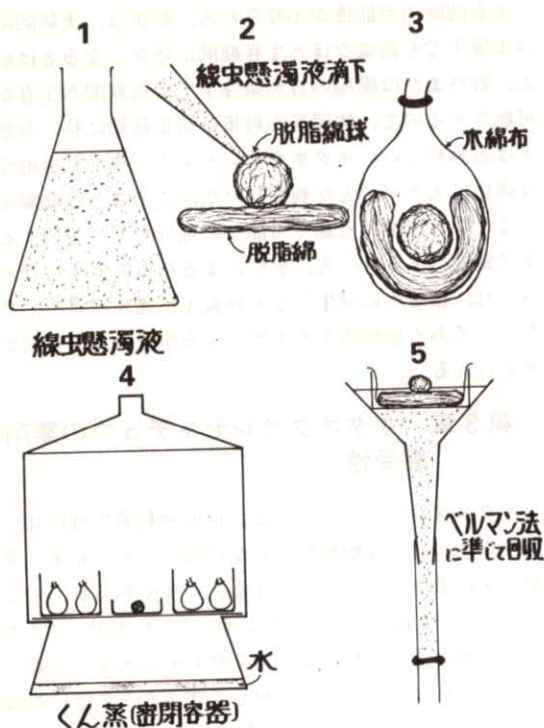
線虫：キタネグサレセンチュウは神奈川県三浦市産、サツマイモネコブセンチュウは平塚市および横浜市産、クルミネグサレセンチュウは平塚市産をそれぞれ供試した。

薬剤：D-D油剤、EDB油剤30、DBCP乳剤80、NCS水溶剤50、ペーバム水溶剤31、テロン油剤、ドーロン油剤

実験手順

1) 密閉容器内綿球くん蒸

おもな実験の手順を第15図に示した。くん蒸にはガラス製のデシケーターと広口瓶を用いた。土壌からベルマン法(室温、24時間)で分離される線虫懸濁液は、



第15図 密閉容器内綿球くん蒸による
薬剤感受性実験の手順

よくかく拌しながら径2cm(約0.3g)の脱脂綿球に1mlずつ注入される。これを一辺5cm角の脱脂綿(約0.3g)にのせ、全体を木綿布で包んで上部を輪ゴムでとめ、これを腰高シャーレ(径8.5cm)または小ビーカーに収容して容器内に配置する。なお容器は底部に水をいれて乾燥を防ぐ。薬剤は容器の中央部にのいた小綿塊に滴下してすぐ容器を密閉し、25℃前後で20時間くん蒸する。薬剤の効果(線虫の反応)をベルマン法に準じた脱脂綿と木綿布の中の線虫の透過能から判定するため、まずくん蒸の終わった木綿布を金属製小篩(径7cm)の面にひろげ、これを径9cmのベルマンロートに綿部の下面が水に浸るようにすえ、20~25℃、20時間後の遡出線虫数を数えた。

2) 密閉容器内土壤くん蒸

くん蒸容器として大型デシケーター(中板径30cm)を用い、線虫土壤をいれた腰高シャーレを容器内におきD-Dくん蒸、のちベルマン法(フィルターは和紙1枚)による土壤(50g)からの線虫分離数で薬剤効果(または線虫の薬剤感受性)を判定した。くん蒸温度、くん蒸時間およびベルマン法の分離条件は綿球くん蒸実験に同じ。

3) 腰高シャーレ内土壤くん蒸

腰高シャーレ(径8.5cm、深さ7.5cm)に線虫高密度土壤320gをつめ、所定量の薬剤をしみこませた小綿球を容器中央部において上ぶたをかぶせくん蒸した。くん蒸後は土壤をかきまぜて軽くガス抜きを行い、ベルマン法(土壤20~30g、和紙1枚)で線虫を分離して数えた。残土は素焼鉢につめトマトを播種、温室で管理し、根の線虫寄生をネグサレセンチュウについては保温遡出法(25℃7~14日間)により、ネコブセンチュウについては根こぶ数で調べた。

反応率の算出と分析: 佐野・後藤¹⁰⁾の算出法に準じ $[1 - (\text{処理区分離虫数}) \div (\text{無処理区分離虫数})] \times 100$ をベルマン法でみた反応とし、 $[1 - (\text{処理区の寄生数または根こぶ数}) \div (\text{無処理区の寄生数または根こぶ数})] \times 100$ を抑制率^{*}とした。次に、反応率のプロビットと薬量(実数および対数)から回帰直線式を算出し、LD₅₀、LD₉₅を求めて薬剤感受性を検討した。

^{*} 薬剤処理により線虫の生存や行動、活性がおさえられ、その結果として線虫寄生度が低下した割合

2. 密閉容器内綿球くん蒸による薬剤感受性

試験1 綿球くん蒸法の実験精度としてのキタネグサレセンチュウの回収率

方 法

ベルマン法による分離直後のキタネグサレセンチュウ懸濁液(成、幼虫混在)を用い、直接ピペットで1mlをとり解剖顕微鏡下で計数した場合と、同量の線虫を綿球にしみこませ広口瓶に一昼夜保存のちベルマン法で回収した場合との比較により、また熱殺した線虫を同様に用いて、それぞれこの方法による線虫回収率、実験精度を検討した。

結 果

第34表に示すとおり回収率は74%、また第35表に示すように、この方法によって死虫が分離され精度を落すようなことはなかった。

試験2 キタネグサレセンチュウ対サツマイモネコブセンチュウのD-D感受性の比較

方 法

ポット栽培のインゲンマメとトマトでそれぞれ増殖させたキタネグサレセンチュウ(成、幼虫混在)とサツマイモネコブセンチュウ(第2期幼虫)の両種(各5個)を、中型デシケーター(中板径21cm)の同一容器内におき、D-Dは0.005、0.01、0.015、0.02mlの処理量とした。試験は3反復(3容器)で行った。

第34表 脱脂綿球に注入した線虫の回収率

区 別	n	線 虫 数		回収率% (B/A)
		平均	95%信頼幅	
懸濁液中線虫の直接計数(A)	20	65.7	63.0~68.4	—
線虫注入綿球からの分離数(B)	20	48.7	45.9~51.5	74.1

第35表 脱脂綿球に注入した
生虫, 死虫の回収した数

区 別	n	線虫数
生虫を注入	10	84.9
死虫を注入	10	0

結 果

両種線虫の反応率は第36表に, さらに薬量(実数)と反応率のプロビットから回帰直線式を求め第37表に示した。これによるとキタネグサレセンチュウ成, 幼虫

第36表 キタネグサレセンチュウ対
サツマイモノコブセンチュウのD-D反応率^{a)}

区別	キタネグサレセンチュウ			サツマイモノコブ センチュウ(第2期幼虫)
	成 虫	中老齢幼虫	若齢幼虫	
0.005ml	6.5	7.2	1.4	2.5
0.01	11.8	17.0	31.3	46.2
0.015	32.0	26.2	60.6	95.0
0.02	73.6	69.1	87.7	99.0

a) 3 反復平均値

第37表 キタネグサレセンチュウ対サツマイモノコブセンチュウのD-D感受性^{a)}

種 類	発育段階	回 帰 直 線 式	LD ₅₀	LD ₉₅
キタネグサレ センチュウ	成 虫	$Y = 4.7831 + 183.967(X - 0.0157)$	0.017ml	0.026ml
	中老齢幼虫	$Y = 4.3658 + 60.163(X - 0.014)$	0.025	0.052
	若 齢 幼 虫	$Y = 4.7538 + 162.1928(X - 0.014)$	0.016	0.026
サツマイモノコブ センチュウ	第2期幼虫	$Y = 5.0612 + 344.7627(X - 0.0105)$	0.01	0.015

a) LD₅₀, LD₉₅の薬量はデシケーター(中板径21cm)当たり

のD-D反応率は, サツマイモノコブセンチュウの同一薬量の反応率よりも低く, これより計算したLD₅₀, LD₉₅値はともに大となり, したがってキタネグサレセンチュウのD-Dに対する耐性はサツマイモノコブセンチュウのそれより強い。特に虫老齢虫は強く, LD₅₀, LD₉₅値で比較するとサツマイモノコブセンチュウの2.5~3.5倍であり, 若齢幼虫でも1.6~1.7倍であった。

試験3 キタネグサレセンチュウ対クルミネグサレセンチュウのD-D感受性の比較

方 法

キタネグサレセンチュウはジャガイモ根土壌から, クルミネグサレセンチュウはイチゴ根土壌からそれぞれ採取し, 同じ大型デシケーター(中板径30cm)内に各6個ずつおき, 薬量は0.01, 0.03, 0.05, 0.07mlの4段階とした。試験は4反復(4容器)した。

第38表 キタネグサレセンチュウ対クルミネグサレセンチュウのD-D反応率^{a)}

種 類	区 別	成 虫	中老齢幼虫	若 齢 幼 虫	成, 幼虫合計
キタネグサレセンチュウ ^{b)}	0.01ml	4.5	2.7	0.7	0.6
	0.03	41.5	19.9	52.6	42.4
	0.05	65.2	43.8	82.2	70.0
	0.07	78.3	78.1	92.1	86.9
クルミネグサレセンチュウ ^{c)}	0.01ml	69.9	63.1	61.5	63.5
	0.03	97.6	86.1	88.8	89.4
	0.05	100.0	95.7	97.7	97.4
	0.07	100.0	99.6	100.0	99.8

a) 4 反復平均値 b) 発育段階構成 成虫7%, 幼虫(中~老齢)29%, 幼虫(若齢)64%

c) 発育段階構成 成虫19%, 幼虫(中~老齢)38%, 幼虫(若齢)43%

第39表 キタネグサレセンチュウ対クルミネグサレセンチュウのD-D感受性^{a)}

種 類	発 育 段 階	回 帰 直 線 式	LD ₅₀	LD ₉₅
キタネグサレ センチュウ	成 虫	$Y = 5.2808 + 25.4892 (X - 0.0486)$	0.037 ml	0.102ml
	中老齢幼虫	$Y = 4.8603 + 39.9897 (X - 0.0483)$	0.052	0.093
	若 齢 幼 虫	$Y = 5.5163 + 34.716 (X - 0.042)$	0.027	0.075
	成, 幼虫合計	$Y = 5.2775 + 33.5893 (X - 0.0439)$	0.036	0.085
クルミネグサ レセンチュウ	中老齢幼虫	$Y = 5.7792 + 38.8052 (X - 0.0219)$	0.0018	0.044
	若 齢 幼 虫	$Y = 5.767 + 45.5691 (X - 0.0201)$	0.0033	0.039
	成, 幼虫合計	$Y = 5.7859 + 42.0149 (X - 0.0201)$	0.0014	0.041

a) LD₅₀、LD₉₅の薬量はデシケーター（中板径30cm）当たり

結 果

両種ネグサレセンチュウの反応率は第38表に、薬量（実数）と反応率のプロビットから回帰直線式を求め第39表に示した。キタネグサレセンチュウは前記試験2のサツマイモネコブセンチュウとの比較の場合と同様に、クルミネグサレセンチュウとの比較でもD-D耐性がより強く、LD₅₀値では顕著な差異が認められ、LD₉₅値も2.1倍（成、幼虫の合計）であった。一方、試験2と同様に発育段階によりD-D感受性に差異がみられ、若齢幼虫の耐性が弱い結果であった。

試験4 キタネグサレセンチュウ対クルミネグサレセンチュウのDBCP感受性の比較

方 法

ポット栽培のトウモロコシとイチゴでそれぞれ増殖させたキタネグサレセンチュウとクルミネグサレセンチュウを、1ℓ広口瓶の同じ容器におき、DBCPは10倍希釈し9濃度の薬量でくん蒸した。試験は3反復（3容器）とした。

結 果

両種線虫の分離虫数および反応率は第40表、および

薬量（対数）と反応率のプロビットから回帰直線式を求め、算出したLD₅₀、LD₉₅値（第41表、第16図）からみると、D-D感受性についての前記試験と同様にDBCPに対しても、キタネグサレセンチュウはクルミネグサレセンチュウよりも目立って強く、LD₅₀で4倍、LD₉₅では1.9倍であった。

3. 密閉容器内土壌くん蒸法によるキタネグサレセンチュウ対クルミネグサレセンチュウのD-D感受性の比較

方 法

あらかじめ殺線虫した火山灰壤土を径27cmの素焼鉢につめ、両種線虫を1鉢に約7,000頭接種し、アズキで約3ヵ月間増殖させた土壌を、篩（3mm）で十分に混和し、腰高シャーレにつめて容器（大型デシケーター）に1個ずつおいた。D-Dは0.01、0.03、0.05、0.07、0.1mlの5薬量でくん蒸した。なお、試験は4反復、5日連続して行った。土壌水分はキタネグサレセンチュウ土壌33.5～33.8%、クルミネグサレセンチュウ土壌32.8～33.7%。

第40表 キタネグサレセンチュウ対クルミネグサレセンチュウのDBCP反応率

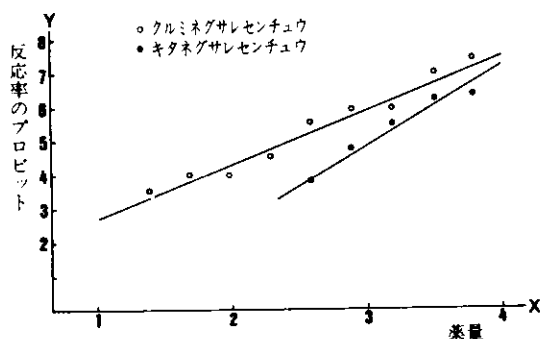
区 別	キタネグサレセンチュウ ^{a)}		クルミネグサレセンチュウ ^{b)}	
	線虫数 ^{c)}	反応率	線虫数 ^{c)}	反応率
0.0025ml	237.0	—11.0	355.9	6.8
0.005	254.4	—3.7	316.0	17.2
0.01	292.4	—11.8	299.0	21.7
0.02	246.3	0	248.6	34.9
0.04	209.4	15.0	137.4	64.0
0.08	136.7	44.5	68.0	82.2
0.16	80.4	67.4	52.0	86.4
0.32	25.0	89.8	7.0	98.2
0.64	17.3	93.0	3.3	99.1
無処理	246.3	—	381.7	—

a) 発育段階構成 成虫14%、幼虫（中～老齢）40%、幼虫（若齢）46% b) 発育段階構成 成虫16%
幼虫（中～老齢）50%、幼虫（若齢）34% c) 綿球2個からの分離数で3反復平均値

第41表 キタネグサレセンチュウ対クルミネグサレセンチュウのD B C P感受性^{a)}

種 類	回 帰 直 線 式	LD ₅₀	LD ₉₅
キタネグサレセンチュウ	$Y = 4.9982 + 2.3833(X - 3.0286)$	0.107ml	0.524ml
クルミネグサレセンチュウ	$Y = 5.0433 + 1.6002(X - 2.4357)$	0.027	0.273

a) LD₅₀, LD₉₅の薬量は広口瓶(1ℓ)当たり



第16図 キタネグサレセンチュウ対クルミネグサレセンチュウのD B C P感受性
薬量(対数)は各薬量の10⁴の対数値

第42表 D-D感受性試験に供した2種ネグサレセンチュウの発育段階別構成

種 類	成 虫%	幼虫(中～老齢)%	幼虫(若齢)%
キタネグサレセンチュウ	24.2	30.0	45.8
クルミネグサレセンチュウ	25.1	33.3	41.6

第43表 キタネグサレセンチュウ対クルミネグサレセンチュウのD-D反応率^{a)}

区 別	キタネグサレセンチュウ 線虫数 ^{b)}	反応率	クルミネグサレセンチュウ 線虫数 ^{b)}	反応率
0.01ml	328.0	9.7	180.4	88.0
無処理	363.1		1,502.9	
0.03	182.9	46.0	4.3	99.7
無処理	338.7		1,240.8	
0.05	52.1	79.9	0.8	99.91
無処理	258.6		912.8	
0.07	6.9	98.3	0.3	99.96
無処理	398.1		844.5	
0.1	0.3	99.93	0	100.0
無処理	410.0		1,006.0	

a) 4 反復平均値

b) 土壌50 g 当たり(2 回反復の合計数)

ポット栽培のインゲンマメおよびトマトでそれぞれ増殖させたキタネグサレセンチュウとサツマイモネコ

結 果

両種線虫の発育段階別構成は第42表に示すように両種間に大差なく、両種の分離虫数と反応率は第43表に、薬量(実数)と反応率のプロビットから求めた回帰直線式を第44表に示した。密閉容器内土壌くん蒸法によったこの試験でも、前記した試験と同様に、両種間のD-D感受性に著しい差がみられ、キタネグサレセンチュウはクルミネグサレセンチュウに比べLD₅₀値で30倍以上、LD₉₅では3.3倍であった。

4. 腰高シャーレ内の土壌くん蒸法による薬剤感受性

試験1 キタネグサレセンチュウ対サツマイモネコブセンチュウのD-D, EDB, DBCP感受性の比較

ブセンチュウの両土壌(火山灰壤土)をよく混ぜて供試した。くん蒸は室温(25~28℃)で7日間、のちベルマン法(室温, 24時間)で土壌から線虫を分離し種類ごとに数えた。残土によるトマト根の線虫密度の検定は、ガラス室で7月11日~8月3日に行った。土壌水分は32%, 2反復した。

結 果

両種線虫の各薬剤処理後の分離虫数、反応率、トマトの根内寄生数または根こぶ数、それより求めた抑制率を第45表に示した。キタネグサレセンチュウはサツマイモネコブセンチュウに比べてD-D, EDBおよびDBC Pの反応率がいずれも低く、特にEDBでの両種間の差は顕著であった。一方、抑制率でみても、EDBとDBC Pでは反応率と同様に差が大きく、この場合も前記試験の結果と同様に、キタネグサレセンチュウがD-D, EDB, DBC P(特にEDB, DBC P)に対し、サツマイモネコブセンチュウよりも明らかに強い耐性を示した。

第44表 キタネグサレセンチュウ対クルミネグサレセンチュウのD-D感受性^{a)}

種 類	回 帰 直 線 式	LD ₅₀	LD ₉₅
キタネグサレセンチュウ	$Y = 5.1291 + 53.9274 (X - 0.0351)$	0.037ml	0.063ml
クルミネグサレセンチュウ	$Y = 6.5012 + 60.4306 (X - 0.0162)$	0.001<	0.019

a) 第39表に同じ

第45表 キタネグサレセンチュウ対サツマイモネコブセンチュウのD-D, EDB, DBCP感受性の比較^{a)}

区 別	キタネグサレセンチュウ					サツマイモネコブセンチュウ				
	線虫数 c)	反応率	寄生 d) 線虫数	抑制率	線虫数 c)	反応率	根こぶ数 d)	抑制率		
D-D	0.005ml	290.0	-11.8	423.8	-12.5	988.5	-61.4	156.5	-14.4	
	0.01	276.5	- 6.6	284.2	24.5	339.5	44.6	129.2	5.6	
	0.02	79.0	69.5	100.9	73.2	12.0	98.0	12.3	91.0	
	0.04	1.0	99.6	5.7	98.4	0	100.0	1.5	98.9	
	0.08	0	100.0	0	100.0	0	100.0	0	100.0	
EDB	0.005	280.0	- 8.0	218.2	42.1	403.0	34.2	144.4	- 5.6	
	0.01	270.5	- 4.3	209.6	44.3	18.0	97.1	10.4	92.4	
	0.02	244.0	5.9	197.8	47.5	2.0	99.7	1.3	99.0	
	0.04	89.0	65.7	124.6	66.9	0.5	99.9	0	100.0	
	0.08	7.0	97.3	17.0	95.5	1.5	99.8	0	100.0	
DBCP b)	0.005	211.0	18.6	208.7	44.6	656.0	- 7.1	137.5	- 0.5	
	0.01	169.5	34.6	214.5	43.0	295.0	51.8	24.9	81.8	
	0.02	114.0	56.0	138.3	63.3	93.5	84.7	2.5	98.2	
	0.04	51.4	80.1	88.4	76.5	30.0	95.1	0	100.0	
	0.08	7.5	97.1	15.4	95.9	20.5	96.7	0	100.0	
無処理	—	259.3	—	376.6	—	619.3	—	136.8	—	

a) 2反復平均 b) 10倍希釈液 c) 土壌30g当たり d) 根1g当たり

第46表 キタネグサレセンチュウ対サツマイモネコブセンチュウのD-D, EDB感受性の比較^{a)}

EDB感受性の比較 ^{a)}									
区 別		キタネグサレセンチュウ				サツマイモネコブセンチュウ			
		線虫数 ^{b)}	反応率	寄生 ^{c)} 線虫数	抑制率	線虫数 ^{b)}	反応率	根こぶ数 ^{d)}	抑制率
D-D	0.01ml	220.7	- 4.1	431.7	-24.1	133.0	39.5	13.0	46.5
	0.02	178.4	15.8	223.3	35.8	58.7	73.3	3.3	86.4
	0.03	60.1	71.7	171.3	50.8	1.3	99.4	0.7	97.1
	0.05	0.6	99.97	42.7	87.7	0	100.0	0	100.0
	0.01	241.4	-13.9	550.7	-58.2	47.7	78.3	3.0	87.7
EDB	0.02	212.6	- 0.3	332.0	4.6	23.3	89.4	5.3	78.2
	0.03	98.3	53.6	139.3	60.0	7.0	96.8	0	100.0
	0.05	94.0	55.7	136.0	60.9	6.7	97.0	0.3	98.8
	無処理	—	—	348.0	—	220.0	—	24.3	—

a) 3反復平均値 b) 土壌30g当たり c) 根0.5g当たり d) 4株当たり

試験2 キタネグサレセンチュウ対サツマイモネコブセンチュウのD-D, EDB感受性の比較

方 法

ポット栽培のインゲンマメおよびトマトでそれぞれ増殖させたキタネグサレセンチュウとサツマイモネコ

ブセンチュウの両土壌(火山灰壤土)をよく混ぜて用いた。くん蒸は25℃で7日間、のちベルマン法(25℃, 24時間)で線虫を分離して数えた。残土にトマトを10月26日~11月10日までガラス室で育てた。なお土壌水分28%, 3反復とした。

結 果

両種線虫の分離虫数、反応率、抑制率を第46表に示した。キタネグサレセンチュウのD-D, EDBに対する反応率および抑制率は、試験1と同様にサツマイモネコブセンチュウのそれに比べて低く、特にEDBではその傾向がさらに強く、キタネグサレセンチュウのD-D, EDBに対する強い耐性が示された。

試験3 キタネグサレセンチュウに対する各種薬剤の殺線虫効果(1)

方 法

三浦市南下浦町のダイコン栽培圃場から採取したキタネグサレセンチュウ高密度土壌を用い、25℃で5日間くん蒸し、のちベルマン法により線虫を分離して数えたほか、残土によりトマトをガラス室で5月4日～5月30日まで育て根の線虫密度、褐変度を調べた。土壌水分28%、3反復で行った。

結 果

第47表に示すとおり、キタネグサレセンチュウに対しNCS、ペーバムの両薬剤は、D-D, EDBをはるかにしのぐ高い防除効果を示した。この両薬剤は10倍液でも、なおD-D, EDBに匹敵するすぐれた効果を示している。次いで、テロン、ドーロンの効果もD-Dにまいった。供試薬剤中、EDBの効果が最も劣った。

第47表 キタネグサレセンチュウに対する各種薬剤の殺線虫効果(1)^{a)}

区 別	線 虫 数		根 部	
	土壌 ^{b)}	根部 ^{c)}	褐変指数	
D — D	0.03ml	201.3	270	60.0
E D B	"	220.8	985	75.0
テ ロ ン	"	12.3	187	40.0
ドーロン	"	5.3	105	37.5
N C S	"	0	0	0
N C S (10倍液)	"	12.5	355	66.7
ペーバム	"	0	0	5.0
ペーバム (10倍液)	"	47.7	608	75.0
無 処 理	—	309.7	937	100.0

a) 3反復平均値 b) 土壌30g当たり
c) 根1g当たり

試験4 キタネグサレセンチュウに対する各種薬剤の殺線虫効果(2)

方 法

前記の試験3と同じ土壌を25℃で7日間くん蒸し、他は同じ方法によった。

結 果

第48表に示したとおり、NCSとテロンの効果がきわ立ってすぐれ、これに次いでドーロン、D-Dの効果がすぐれている。D-D, EDB混合はEDBの混合比が高いほど効果が落ちる。

第48表 キタネグサレセンチュウに対する各種薬剤の殺線虫効果(2)

区 別	線 虫 数		根 部	
	土 壤	根 部	褐変指数	
D - D	0.03ml	30.7	66	31.3
E D B	"	305.3	290	60.0
テ ロ ン	"	0.2	2	0
ドーロン	"	2.7	11	22.7
D-D,EDB混合(7:3)	"	87.3	330	63.6
D-D,EDB混合(5:5)	"	126.0	195	59.1
D-D,EDB混合(3:7)	"	232.7	215	60.0
D B C P 10倍液	"	295.0	263	75.0
N C S 5 倍液	"	0	0	0
無 処 理	—	374.2	474	88.6

第47表に同じ

5. キタネグサレセンチュウの薬剤感受性に関する考 察

線虫の薬剤感受性の室内検定法には、虫体の薬液浸漬法と密閉容器内土壌くん蒸法が考えられるが、それぞれ長短がある。そこで、脱脂綿球に線虫懸濁液をしみこませ、くん蒸する新たな方法を考案し、それによる一連の試験を実施した。脱脂綿球のくん蒸というこの方法が、土壌くん蒸と異なる有利な点は、土壌や根の介在がないので、それらの影響を排除できることである。この方法はまた、薬液浸漬のできないようなくん蒸にも適用できる。一方、フィルターはMOJE⁶⁸⁾の方法を応用して、くん蒸に使用した脱脂綿と木綿をそのまま利用するので生線虫の分離効率が高くなり、線虫と線虫との薬剤感受性の比較判定に有効である。ここではこの方法と密閉容器内土壌くん蒸法とを併用しながら、キタネグサレセンチュウ、クルミネグサレセンチュウの間の薬剤感受性を比較検討した。

試験によって示されたD-D感受性を比較すると、キタネグサレセンチュウはサツマイモネコブセンチュウやクルミネグサレセンチュウに比べて明らかに感受性は低い(つまり強い耐性をもつ)というのがすべての試験の一致した結果である。まずサツマイモネコブセンチュウ幼虫に比べ、キタネグサレセンチュウの中老齢幼虫はLD₅₀値で2.5倍、LD₉₅では3.5倍の耐性

を示し、若齢幼虫は中老齢幼虫に比べるとD-D耐性がやや落ちるが、それでもネコブセンチュウに比べL_{D50}, L_{D95}は1.6~1.7倍であった。このような発育段階が違ふと薬剤感受性も異なるという例はニセネグサレセンチュウ *Aphelenchus avenae*でも知られていた²⁴⁾。次にクルミネグサレセンチュウとの比較でも両種間にD-D感受性の顕著な差異が認められ、特にL_{D50}値では差が著しく、L_{D95}でもキタネグサレセンチュウは2.1倍の耐性を示した。D-DのほかDBCPについても、D-Dと同様にキタネグサレセンチュウは、クルミネグサレセンチュウに比べ感受性が低かった。この傾向はデシケーター利用による密閉容器内土壌くん蒸法による試験でも全く同じように示され、D-DのL_{D95}値はキタネグサレセンチュウがクルミネグサレセンチュウの3.3倍であった。D-D, EDB, DBCPのガラス容器による土壌くん蒸試験でも、キタネグサレセンチュウは3薬剤に対しサツマイモネコブセンチュウよりもはるかに耐性が強かった。一方、薬剤間で比較すると、D-D, EDB, DBCPの3薬剤はサツマイモネコブセンチュウに対しては効果に大きな差はないが、キタネグサレセンチュウに対してはEDBとDBCPがD-Dに比べて明らかに効果が劣った。またキタネグサレセンチュウに対して卓効を示す薬剤としてNCS, ベーバムのカーバム剤があり、dichloropropene を主剤とするテロン、ドーロンもD-Dに比べて殺線虫効果が高い。

以上の試験をとおして、キタネグサレセンチュウがサツマイモネコブセンチュウやクルミネグサレセンチュウに比べてD-D, EDB, DBCPのいずれの薬剤に対しても強い耐性をもつことが明白となった。後藤・大島³¹⁾は、東京都産のキタネグサレセンチュウと長崎産のミナミネグサレセンチュウとの間でEDBの浸漬試験および土壌くん蒸試験で比較し、前者の方がEDB耐性が強いと報告している。また従来、これらの薬剤によるキタネグサレセンチュウの防除効果はとかく不十分、とする現地の試験例が少なくないこと^{8, 30, 49, 55, 72)}、イチゴを加害するクルミネグサレセンチュウは薬剤による防除が容易であること¹³⁾、もこの事実を裏づけていると思われる。佐野¹⁰³⁾によれば3種のネコブセンチュウ第2期幼虫の間にはEDB感受性で差異はないとされるが、属の異なる線虫の間で薬剤感受性に差があることは知られるものの¹⁰²⁾、同属異種の間で薬剤感受性にこのように大きな差異を認めたのは全く新しいことである。このようなキタネグサレセンチュウ

の薬剤耐性は、種特有のものと考えられるが、その機作の解明を今後の課題として提起したい。

第4章 キタネグサレセンチュウの薬剤による防除

キタネグサレセンチュウを対象とした薬剤防除試験としては、1958年に東京都農業試験場¹¹⁵⁾および山口¹³⁶⁾により兵庫県下で行われた。この両都県でその後も試験^{62, 116, 117, 118, 137)}が続けられる一方、同年より開始された土壌線虫対策事業が契機となって、各地で本種に対する防除試験^{1, 44, 48, 49, 55, 100, 108)}が行われるようになり、神奈川県でも1960年からニンジン、ダイコン、イチゴで防除試験を開始し、その一部は既に発表^{8, 10, 11, 14, 127)}してきた。ここでは、その後の試験も含めキタネグサレセンチュウの薬剤防除について総括的にとりまとめる。

1. 試験方法

(1) 場所 キタネグサレセンチュウの生息密度が高く、分布も比較的均一な、神奈川県川崎市、横浜市、三浦市の一般農家圃場で行った。いずれも、土壌の母材は火山性風積土で腐植に富み、土性は壤質~埴壌質であった(第49表)。施肥その他は農家の慣行に従った。

(2) 供試薬剤および処理方法

供試した薬剤はD-D, EDB, DBCP, NCSなどで薬剤名、成分などは第50表に示した。ここに示した以外にMN-3, Terracur P, HMなどの薬剤も用いられた。試験は1区5~16.5m²、原則として3連制で行った。処理時期は6~9月上旬で地温は23~29℃、土壌湿度のおおむね適正条件下で処理した。処理前に圃場の耕起整地を行った。油剤の処理法は、30cm間隔1孔深さ15cm前後、手動注入器(または注射器)で全面点注とした。水溶剤は、原液をそのまま、または水で希釈して注入するか、または多量の水でうすめたものを植溝(深さ15cm、幅30cmの溝を35cm間隔に堀った)に灌注する方法をとり、乳剤は水で希釈して注入した。注入後は穴をふさぎ、足で鎮圧する方法をとった。原則としてガス抜きを行った。粒剤は土壌表面に散布後ただちに鋤で土壌と混和した。

(3) 調査の方法

根部の線虫被害は、症状を5階級に分けて評価する方法によった。たとえば、ダイコンでは肥大根に生じた白斑の多少、ニンジン(長ニンジン)では根端の寸づまりの程度や細根の発生状況などで、それより被害

第49表 キタネグサレセンチュウ薬剤防除試験を実施した圃場の土壌の性質^{a)}(乾土%)

場 所	土壌群	土壌統	風乾土 水分 %	細 土		無 機		物 中		腐 植	全炭素	全窒素	炭素率	
				礫	粗砂	細砂	砂計	シルト	粘土					土性
川崎市宮前有馬	黒ボク土	桜	16.2	4.4	14.4	47.0	61.4	38.6	—	L	11.6	6.74	0.58	11.6
横浜市神奈川区菅田町	"	野々村	11.2	1.8	25.2	37.7	62.9	27.5	9.6	L	12.1	7.93	0.54	14.7
横浜市鶴見区上駒岡	"	"	8.9	2.5	45.3	28.0	73.3	18.5	8.2	CoSL	8.8	5.60	0.41	14.0
三浦市南下浦町菊名	"	"	14.4	6.6	10.8	50.2	61.0	22.5	16.5	CL	9.8	5.67	0.54	10.5
" " 上宮田	"	"	11.2	1.2	18.5	44.5	63.0	20.0	17.0	SCL	10.3	5.98	0.50	12.0
" 初声町三戸	"	久米川	12.1	1.7	22.8	38.5	61.3	21.9	16.8	CL	11.2	6.51	0.47	13.9

a) 神奈川県農業総合研究所地力保全調査成績書

第50表 キタネグサレセンチュウ薬剤防除試験の供試薬剤^{a)}

薬剤名(代表的商品名)	成分および含有率
D-D (D-D, スミディール)	{1, 3-dichloropropene 50% 1, 2-dichloropropane 25%
EDB (ネマヒューム)	1, 2-dibromoethane 30%
DBCP (ネマゴン, ネマナックス)	1, 2-dibromo-3-chloropropane 20%, 80% (乳剤)
テロン	1, 3-dichloropropene 90%
NCS (水溶剤)	Ammonium N-methyldithiocarbamate 50%
ペーバム (水溶剤)	Sodium N-methyldithiocarbamate 31%
ソイルメート	{1, 2-dibromoethane 20% Trichloronitromethane 30%
ネマブロン	{1, 2-dibromoethane 30% Bromomethane 10%
ネマクロベン	{D-D 25% Trichloronitromethane 50%
ディ・トラベックス	{1, 3-dichloropropene 40% Methylisothiocyanate 20%
DCIP (ネマモール)	Bis (2-chloro-1-methylethyl) ether 95%
CDBE (CDB) (乳剤)	1, 2-dibromo-1-chloroethane 80%
TCNE	1-1-1-trichloro-2-nitroethane 25%
メソミル粒剤 (ランネート)	S-methyl N-(methylcarbamoyloxy) thioacetimidate 5%

a) 乳剤, 水溶剤, 粒剤以外は油剤

指数を算出した(第1章1, 参照)。ただし短根ニンジンでは肥大根に生じた黒褐色斑(しみ)を概括的に表示した。

土壌中の線虫密度は, 原則としてガス抜き時(または播種時)と収穫時に, それぞれ1区4~5カ所より深さ10~15cm層の土壌を採取し, よく混合した土壌50gからベルマン法(室温, 冬期は加温, 24時間)により線虫を分離し計数した。このほか, ダイコンでは根部の奇形を階級値による指数によりまたは概括的に表示し, 薬害と考えられる根部の横縞を概括的に示した。また, ダイコンの品質についても調査した。

2. ニンジンのキタネグサレセンチュウに関する薬

剤試験

試験1 主要薬剤のニンジン(鮮紅大長)のキタネグサレセンチュウに対する防除効果

方 法

第51表に示したD-Dほかの供試薬剤および試験区制で, 川崎市宮前中有馬の圃場, ニンジン(鮮紅大長)を供し, 1区10m², 3連制とした。薬剤処理7月5日, ガス抜きは行わず, 7月16日播種, 9~11月に3回根を堀取り被害状況, 10月12日線虫密度, 11月2日収量をそれぞれ調査。

結 果

試験結果は第51表に示すとおりで, 全般的にEDBがD-Dよりも効果が高く, 特に薬量が多いと効果も

高い。D-Dもニンジンの被害指数、線虫密度においてEDBにやや劣るとはいえ、両薬量とも高い効果を示している。DBCPは前記2薬剤に比べると被害指数、線虫密度および収量において効果がやや劣った。無処理のニンジンは著しく生育不良ですづまりが多く、わずかな収量であった。

第51表 ニンジンのキタネグサレセンチュウに対する薬剤防除試験^{a)} (1960)

区 別		被害指数 ^{b)}			線虫 ^{c)} 密度	収量 ^{d)} (kg)
		9月13日	10.12	11.10		
D - D	32.4 ^{ℓ/10a}	35.6**e)	27.8**	48.1**	38.0	5.1**
"	43.2	21.9**	15.8**	41.5**	19.0	5.3**
EDB	32.4	18.4**	9.3**	27.1**	24.0	5.2**
"	43.2	17.5**	8.9**	24.2**	16.1	5.8**
DBCP	32.4	25.3**	46.8**	47.0**	42.8	3.2**
20%油剤	43.2	13.4**	33.2**	61.6**	97.2	3.3**
無処理	—	85.2	89.2	100.0	106.2	0.8

- a) 3反復平均値
b) 無(0), 少(1), 中(2), 多(3), 甚(4)に分類, 1区20株調査
c) 10月12日調査, 土壌50g当たり
d) 11月10日調査, 20株の収量
e) 星印は処理, 無処理間で, **1%, *5%水準で有意差あり

3. 三浦ダイコンのキタネグサレセンチュウに関する薬剤試験

試験1 三浦ダイコンのキタネグサレセンチュウに対する主要薬剤の防除効果

方 法

第52表に示したD-Dほかの供試薬剤および試験区制により, 三浦市南下浦町圃場の三浦ダイコン(松輪系)を供し, 1区16.5m², 3連制, 8月31日薬剤を処

第52表 三浦ダイコンのキタネグサレセンチュウに対する薬剤防除試験^{a)} (1962)

区 別		被害指数 ^{c)}		線虫 ^{d)} 密度
		12月3日	12.25	
D - D	32.4 ^{ℓ/10a}	30.8**	24.9**	8.0
"	43.2	25.8**	25.8**	3.5
EDB	32.4	53.3**	56.7**	26.5
"	43.2	47.4**	42.7**	20.0
DBCP ^{e)}	3.2	68.3*	68.3*	34.5
80%乳剤	4.3	55.8**	54.8**	35.3
無処理	—	84.2	80.0	54.8

- a) 3反復平均値 b) 星印は第51表に同じ
c) 無(0), 微(1), 少(2), 中(3), 多(4)に分け, 1区20株調査
d) 12月25日調査 e) 水で10倍に希釈して使用
その他は第51表に同じ

理, 7日後ガス抜き, 9月10日播種, 12月3日早生系の, 12月25日晩生系の被害程度と線虫密度調査。

結 果

第52表のとおり, 供試したD-D, EDB, DBCPのうち, 被害指数や線虫密度から判断してD-Dの効果が特に高く, 次いでEDBであるが, D-Dよりかなり見劣りした。DBCPはEDBよりもさらに劣る結果であった。

試験2 三浦ダイコンのキタネグサレセンチュウに対する薬量と防除効果

方 法

第53表のとおりD-D, EDB, DBCP各薬剤の3薬量について, 三浦市初声町下宮田の圃場, 1区10m², 3連制として8月30日薬剤処理, 9月9日ガス抜き, 9月23日ダイコン(在来種)播種, 翌年3月に被害程度調査, ガス抜き時と収穫時に線虫密度調査。

結 果

結果は第53表に示すとおり, ダイコンの被害状況や線虫密度から判断して, D-D, EDB, DBCPの3薬剤は, それぞれ3薬量とも高い効果を示した。薬量間では, 薬量の多いほど効果が高いという傾向がどの薬剤でもおおむね認められた。

第53表 三浦ダイコンのキタネグサレセンチュウに対する薬量試験^{a)} (1964)

区 別		被害 ^{b)} 指数	線虫密度 ^{c)}	
			9月9日	3.11
D - D	32.4 ^{ℓ/10a}	29.2**	18.0	14.5
"	54	22.0**	7.0	11.7
"	75.6	11.5**	3.2	9.7
EDB	32.4	23.6**	18.2	15.3
"	54	24.9**	4.5	7.8
"	75.6	17.3**	11.5	11.0
DBCP	3.2	45.0*	40.7	17.0
80%乳剤	5.4	30.1**	45.7	17.2
"	7.6	28.3**	35.7	8.0
無処理	—	59.1	95.5	98.8

- a) 3反復平均値 b) 3月10日調査, 1区10株,
c) 9月9日播種前, 3月11日は収穫時調査
その他は第51表に同じ

試験3 三浦ダイコンのキタネグサレセンチュウに対する各種薬剤の防除効果(1)

方 法

供試薬剤および試験区別は第54表のとおりで, 三浦市南下浦町菊名の圃場, 1区10m², 3連制とした。D

—D, EDBのほかNCS, ベーパム, TCNEを9月2日処理, ガス抜き9月13日, ダイコン(在来種)播種9月17日, 翌年1月被害程度, 奇形程度, 横縞発生程度をそれぞれ調査。播種時と収穫時に線虫密度調査。

結 果

第54表に示すとおり, ダイコンの被害指数, 線虫密度から判断して, NCSおよびベーパムはD—Dに匹敵する, あるいはそれを上回る高い効果を示した。TCNEは他の薬剤に比べると効力が劣った。根部の奇形(股ダイコン)がNCS, ベーパムで発生した。横縞はD—D, EDB, TCNEでやや多かった。

第54表 三浦ダイコンのキタネグサレセンチュウに対する各種薬剤の防除試験(1)^{a)}(1965)

区 別	被害 指数	線 虫 密 度		奇形 ^{b)} 指数	横 縞 ^{c)} 発生程度
		9月18日	1.22		
N C S	21.6 ^{ℓ/10a}	32.8**	1.7	3.2	24.1 ±~+
"	32.4	16.8**	0.3	2.0	60.9 +
ベーパム	32.4	38.7**	1.0	1.8	50.4 +
TCNE	32.4	69.5	35.5	51.0	14.4 +~+
D — D	32.4	44.0*	2.0	4.7	1.1 #
"	54	28.5**	2.2	4.2	0.6 +~+
EDB	54	53.3*	9.2	7.2	1.1 +~+
"	75.6	44.5*	10.0	4.5	1.1 +~+
無 処 理	—	90.6	51.5	67.5	0.6 ±~+

a) 3反復平均値(1区15株調査) b) 第10表に同じ

c) 微(±), 少(+), 中(#)に分けて表示

試験4 三浦ダイコンのキタネグサレセンチュウに対する各種薬剤の防除効果(2)

方 法

D—DのほかNCSなど新たな5薬剤を用い, 第55

表に示す試験区制で, 三浦市初声町の圃場, 1区10m², 3連制で試験した。薬剤処理は8月31日, 9月7日ガス抜き, 9月16日ダイコン(三浦都)播種, 12月25日被害程度および奇形程度をそれぞれ調査。播種時と収穫時に線虫密度調査。

結 果

第55表に示すとおり, ディ, トラベックス, MN—3, NCS, ネマクロベンはいずれもD—Dに匹敵しまたは上回る高い効果を示し, H・Mだけは他の薬剤に比べ劣った。ただし, ディ, トラベックス, NCS, MN—3では奇形根が認められた。

第55表 三浦ダイコンのキタネグサレセンチュウに対する各種薬剤の防除試験(2)^{a)}(1970)

区 別	被害 指数	線 虫 密 度		奇形 ^{b)} 程度
		9月17日	12.25	
ディ・トラベックス	10.8 ^{ℓ/10a}	15.0**	0.3	0 +
"	21.6	0 **	0	1.7 #
"	32.4	0 **	0	0 +
MN—3	21.6	5.0**	1.0	1.7 +
N C S	21.6	3.4**	0	6.7 #
H・M(粉剤)	100 kg	64.2	6.7	74.8 —
ネマクロベン	32.4 ^ℓ	9.2**	0.3	1.7 —
D — D	32.4	20.0**	1.0	25.0 —
無 処 理	—	60.0	9.7	165.0 —

a) 3反復平均(1区10株調査)

b) 無(—), 少(+), 中(#)に分類して表示

試験5 三浦ダイコンのキタネグサレセンチュウに対する薬剤の施用法と防除効果(1)

方 法

NCSを注入, 灌注およびビニール被覆など処理時

第56表 三浦ダイコンのキタネグサレセンチュウに対する薬剤施用法と防除効果試験(1)^{a)}(1964)

区	別	被 害 指 数	線 虫 密 度		奇形 指数
			9月9日	1.28	
N C S	32.4 ℓ/10a	7.4**	0	0.2	0.7
"	32.4 50倍液灌注	3.5**	0	0.3	31.3
"	32.4 ビニール被覆	6.5**	0.2	0	3.7
"	32.4 50倍液灌注 ビニール被覆	1.8**	0	0.2	34.9
D C I P	32.4	73.4	183.0	32.0	0
"	54	69.2*	171.0	31.3	5.9
C D B E ^{b)}	3.2	74.2	169.0	61.0	10.9
"	5.4	75.8	90.2	50.0	3.8
D - D	32.4	61.7**	32.3	18.5	0
"	54	54.1**	13.5	5.3	0
無 処 理	—	83.0	147.5	52.2	3.8

a) 3反復平均値(1区15株調査) b) 水で10倍に希釈して使用

の条件を変え、第56表の試験区制で、三浦市南下浦町毘沙門の圃場の1区10m²、3連制で試験した。薬剤処理は8月31日、9月9日ガス抜き、9月22日ダイコン(在来種)播種、翌年1月27日被害程度および奇形程度をそれぞれ調査。ガス抜き時と収穫時に線虫密度調査。

結 果

第56表に示すとおり、NCSはD-Dを上回る高い効果がみられ、注入および灌注間およびビニール被覆、無被覆間で効力に差がなかった。DCIP、CDBEはD-Dに比べ効果は劣った。奇形根はNCS灌注区で、特に多く発生した。

試験6 三浦ダイコンのキタネグサレセンチュウに対する薬剤の施用法と防除効果(2)

方 法

D-DとNCSの薬量、無耕起施用、ビニール被覆など処理時の条件を変え、第57表の試験区制で、三浦市南下浦町金田の圃場の1区10m²、3連制で試験した。

薬剤処理8月24日、耕耘機で耕起整地後の処理のほか、無耕起施用は前作スィカ跡にそのまま処理、NCSは標準(30cm)のほか20cm間隔処理、またはビニール被覆、ガス抜きは9月1日、9月10日ダイコン(三浦都)播種。翌年1月に被害程度、品質をそれぞれ調査。ガス抜き時と収穫時に線虫密度調査。

結 果

第57表に示すとおり、無耕起施用と耕起後施用(標準)との比較では、土壤中の線虫密度においてD-Dが無耕起で効果が高く、NCSでは差がはっきりせず、またビニール被覆(NCSのみ)の効果は、はっきりしていた。NCSの20cm間隔処理も30cmに比べて効果がまざった。ただし、根部の奇形がNCS20cm処理で特に多かった。薬剤処理の効果を、線虫密度低減に由来するダイコン品質向上という観点から、上物率で処理効果を比較すると、D-D無耕起54ℓ施用とNCS耕起21.6ℓが特に良好であった。

第57表 三浦ダイコンのキタネグサレセンチュウに対する薬剤施用法と防除効果試験(2)^{a)}(1966)

区 別	被 害 指 数	線 虫 密 度		奇形 ^{b)} 程度	上物率 (%)
		9月1日	1.18		
D-D 54 ℓ/10a	34.8**	11.8	62.5	±	17
" 75.6	25.1**	10.8	20.7	±	17
" 54 無耕起施用	17.5**	1.8	1.5	—	44
" 75.6 "	14.3**	1.2	9.5	±	12
NCS 21.6	23.1**	9.2	13.2	±	47
" 21.6 ビニール被覆	9.1**	0	1.5	±	31
" 21.6 無耕起施用	27.3**	10.7	11.5	±	40
" 16.2 ^{c)} "	30.6**	3.8	41.2	±	28
" 24.3 ^{c)} " 20cm間隔	6.3**	0	0.2	+	25
無処理	79.9	41.8	662.8	±	11

a) 3反復平均値(1区12株調査) b) 無(—), 微(±), 少(+) c) 水で2倍に希釈して使用

試験7 三浦ダイコンのキタネグサレセンチュウに対する薬剤の施用法と防除効果(3)

方 法

D-D、NCSの薬量、処理時期、注入の深さなどを変え、第58表に示す試験区制で、三浦市南下浦町金田の圃場の1区7.5m²、3連制で試験した。薬剤処理8月25日(地温29℃、土壤水分32%)と8月30日(地温27℃、土壤水分30%)いずれも無耕起で、NCSの注入の深さ9cmと14cm(標準)、原液と2倍液を用いた。ガス抜き9月1日(8月25日処理)と9月5日(8月30日)、9月20日ダイコン(三浦都)播種。翌年1月24日、被害程度と品質調査、ガス抜き時と収穫時に線虫密度調査。

結 果

第58表に示すとおり、各薬剤は処理条件を変えても被害指数、線虫密度、上物率などで無処理とは格段の高い効果を示した。処理条件の相違をくわしく検討しても、注入の深さ9cmと14cm、原液と2倍液処理、8月25日同30日処理、のそれぞれの処理間では効果に有意な差を認めなかった。

試験8 三浦ダイコンのキタネグサレセンチュウに対するNCSの薬量と効果(1年目)

方 法

NCSの薬量を変えた第59表に示す試験区制で、三浦市南下浦町上宮田の圃場の1区10m²、3連制で試験した。薬剤処理9月1日、ガス抜き9月3日(1区の

第58表 三浦ダイコンのキタネグサレセンチュウに対する薬剤施用法と防除効果試験(3)a)(1966)

区	別	被害 指数	線虫密度		上物率 (%)
			9月5日	1.25	
NCS	21.6 ℓ/10a 注入の深さ9cm 8月25日施用	27.5**	0.2	1.5	63
"	21.6 注入の深さ14cm "	10.8**	0.3	6.2	73
"	21.6 (2倍液) 注入の深さ14cm "	5.0**	0.3	0	57
"	21.6 注入の深さ9cm 8月30日施用	14.6**	0	0.7	59
"	21.6 注入の深さ14cm "	7.5**	0	0	63
"	21.6 (2倍液) 注入の深さ14cm "	9.2**	0	0	70
D-D	54 注入の深さ14cm 8月25日施用	13.3**	2.3	1.0	57
"	75.6 注入の深さ14cm "	13.1**	0	0	43
テロン	54 注入の深さ14cm "	13.3**	0.2	0	37
無処理	—	85.0	24.0	20.2	0

a) 3反復平均値(1区10株調査)

第59表 三浦ダイコンのキタネグサレセンチュウに対するNCSの薬量と効果試験(1年目)a)(1965)

区	別	被害 指数	線虫密度		奇形指数 ^{b)}		上物率 (%)
			9月12日	1.27	10.20	1.27	
NCS	10.8 ℓ/10a	57.8*	36.8	28.2	2.5	2.2	20
"	10.8 (2倍液)	65.1*	22.8	20.2	0	0.6	25
"	21.6	31.5**	1.5	1.3	1.7	1.1	51
"	32.4 2日目ガス抜き	11.3**	1.7	0.2	4.2	24.2	24
"	32.4	30.5**	3.7	1.2	13.6	6.7	20
"	32.4 ガス抜きせず	13.9**	1.7	0	17.6	23.9	13
EDB	75.6	63.4*	28.3	12.8	5.6	1.2	8
無処理	—	94.4	271.0	198.3	66.0	21.7	0

a) 3反復平均値(1区15株調査)

b) 間引時(10月20日)は無(0), 少(1), 中(2), 多(3)に分け, 指数方式算出。

み)と同12日, ダイコン(都)9月18日播種。1月27日被害程度と品質調査, 根の奇形度を間引時と収穫時に調査。ガス抜き時と収穫時に線虫密度調査。

結 果

第59表に示すとおり, NCSは試験した薬量の範囲(10.8, 21.6, 32.4ℓ)では線虫密度を下げ, 上物率を高め効果が顕著であった。ただし, 線虫密度でいえば, 10.8ℓは他の薬量よりもやや劣った。NCSによる奇形は32.4ℓの2日目ガス抜きまたはガス抜きなしで多く発生し, 慣行どおり(処理11日後)のガス抜きの必要がはっきりした。なお, 無処理区の奇形は線虫加害によるもので, 収穫時には短根状や分岐根として観察されるが, 間引時の調査では, その症状とNCSによる奇形との識別がむずかしい。前に述べた薬害を考慮すると, NCSは21.6ℓ処理が上物率を高め良好であった。

試験9 三浦ダイコンのキタネグサレセンチュウに対するNCS, EDBの持続効果(2年目)

方 法

前試験(試験8)をうけて, ダイコン跡に春作ジャガイモ, 夏作スイカを栽培, 9月13日秋冬作ダイコン(都)播種, 1月26日ダイコンの被害程度と品質を調査。線虫密度を播種前と収穫時に調査。

結 果

第60表に示すとおり, 薬剤処理後は1年を経過した9月2日(2年目ダイコン播種前)の線虫密度は, 処理各区とも無処理区よりは低いが前回(1月)に比べると上昇し, 特にNCS10.8ℓ(少量)区の増加傾向が顕著であった。収穫期の線虫密度も無処理区を含め全般に上昇し, ここでもNCS10.8ℓ区は他の薬量に比べて差があった。しかし薬剤処理区の線虫処理区の線虫密度が無処理区と同密度まで復元するには, かなりの日数と推定される。一方, 2年目ダイコンの被害は線虫密度に対応しており1年目に比べて大きいものの, 薬害(奇形)発生株がないため上物率は高かった。

第60表 三浦ダイコンのキタネグサレセンチュウに対するNCSの薬量と効果試験(2年目)^{a)}(1966)

区	別	被害 指数	線 虫 密 度		発生株率(%)		上物率 (%)
			9月2日	2. 1	奇形	割れ	
NCS	10.8 $\ell/10a$	78.8	164.2	92.5**	10	50	17
"	10.8 (2倍液)	85.8	84.7	125.0**	17	47	20
"	21.6	63.4*	32.2	51.0**	17	7	50
"	32.4 2日目ガス抜き	42.5**	5.3	37.0**	10	20	47
"	32.4	74.6	52.2	108.7**	3	43	23
"	32.4 ガス抜きせず	61.3*	8.0	20.3**	0	23	47
EDB	75.6	72.5	90.3	56.8**	13	30	23
無処理	—	96.7	302.3	580.0	57	53	3

a) 3反復平均値(1区10株調査)

4. 二年子ダイコンのキタネグサレセンチュウに関する薬剤試験

試験1 二年子ダイコンのキタネグサレセンチュウに対する各種薬剤の防除効果

方 法

D-D, EDB, NCSのほか4薬剤を加え、それぞれの薬量を変え、第61表に示す試験区制で、横浜市鶴見区獅子ヶ谷の圃場の1区5m²、2連制で試験した。薬剤処理9月3日、ガス抜き9月10日、Terracur P粒剤播種直前施用、9月30日ダイコン(寺尾二年子)播種、翌年3月29日被害状況調査。線虫密度を播種前と収穫時調査。

第61表 二年子ダイコンのキタネグサレセンチュウに対する各種薬剤の防除試験^{a)}(1968)

区	別	被害 指数	線 虫 密 度	
			9月30日	4. 7
D - D	32.4 $\ell/10a$	23.8	2.3	12.5
"	54	27.5	1.5	58.0
"	75.6	10.0	1.3	3.0
E D B	32.4	40.0	29.0	257.0
"	54	20.0	9.0	40.5
"	75.6	1.3	1.0	1.3
N C S	21.6	11.3	0.8	4.3
"	32.4	9.5	0.5	2.0
ネマブロン	32.4	13.8	11.8	19.8
"	43.2	21.3	3.8	5.5
ソイルメート	21.6	55.0	16.8	115.0
"	32.4	30.0	7.8	92.8
"	43.2	7.5	1.5	80.3
Terracur P	30 kg	63.8	—	203.8
"	60	51.3	—	41.5
メソミル	15	56.9	15.8	252.0
無 処 理	—	73.8	57.5	326.8

a) 2反復平均値

結 果

第61表に示したように、線虫密度でみれば、D-D, EDB(32.4 ℓ を除く)、NCSの各処理は効果がきわ立って高く、これに匹敵する効果をあげたのはネマブロンのみで、ソイルメート、Terracur P、メソミルはいずれも効果が安定していない。

試験2 ニンジンおよび後作ダイコンのキタネグサレセンチュウに対する各種薬剤の防除効果

方 法

D-D, EDB, DBCPを中心に第62表に示した試験区制で、横浜市神奈川区菅田町の圃場の1区5m²、2連制で試験した。薬剤処理6月14日、ガス抜き6月20日、Terracur P粒剤播種直前施用、7月4日ニンジン(子安3寸)播種、10月25日被害状況調査(1区20株)。線虫密度を播種前と収穫時調査。さらにニンジン生育末期の10月9日、ダイコン(二年子)を間作として播種、翌年4月22日被害状況調査、線虫密度を播種前と収穫時調査。

結 果

試験結果のうち1作目のニンジンについては第62表に、2作目のダイコンについては第63表に示した。1作目のニンジンについて、まず線虫密度からみるとD-D, EDB(少量32.4 ℓ を除く)、DBCP(少量3.2 ℓ を除く)、NCS、ソイルメートはいずれも効果が高く、Terracur Pだけが効果が劣った。

次に、1作目のニンジンに続く2作目のダイコンであるが、線虫密度でみると前回の調査で効果がやや劣った処理区を含め、ダイコン作付後は薬剤処理の全区が無処理区よりも格段に密度を低下させ、高い効果がうかがわれる。しかし被害指数でみると、前作のニンジンの場合と同様に、線虫密度との関連がはっきりせず、少なくとも、D-D, EDB, DBCPのそれぞ

れの少量および Terracur P は比較的高い被害指数からみて効果が劣ると判断される。

第62表 1 作目ニンジン^{a)}のキタネグサレセンチュウに対する各種薬剤の防除試験^{a)} (1968)

区 別	肥大根 ^{b)} の黒斑	線 虫 密 度	
		6月20日	10.25
D - D 32.4 l/10a	±	5.3	43.8
" 54	+	1.8	14.5
" 75.6	— ±	0	0
E D B 32.4	±	23.0	148.8
" 54	±	2.8	3.5
" 75.6	±	1.0	2.0
D B C P 3.2	±	59.8	155.3
" 5.4	±	31.8	30.5
N C S 21.6	+	0	2.8
ソイルメート 32.4	± ~ +	4.5	1.0
Terracur P 60 kg	±	—	189.0
無 処 理	± ~ #	106.8	295.5

a) 2 反復平均値

b) 肥大根の表皮に発生した黒いしみ

無(—), 微(±), 少(+), 中(#)に分け概括的表示

第63表 薬剤処理ニンジン跡のダイコンに及ぼす持続効果^{a)}

区 別	被害 指数	線虫 密度	
		3月10日	3月25日
D - D 32.4 l/10a	51.3	15.3	15.3
" 54	26.3	12.0	12.0
" 75.6	0	0.5	0.5
E D B 32.4	65.0	21.8	21.8
" 54	7.5	0	0
" 75.6	2.5	1.0	1.0
D B C P 3.2	80.0	28.8	28.8
" 5.4	20.0	0.5	0.5
N C S 21.6	5.0	3.3	3.3
ソイルメート 32.4	2.5	0	0
Terracur P 60 kg	72.5	12.5	12.5
無 処 理	88.5	135.3	135.3

a) 2 反復平均値 (1 区10株調査)

5. キタネグサレセンチュウの薬剤防除に関する考察

神奈川県下の主要なキタネグサレセンチュウ発生地帯で1960年以降, D-D, EDB, DBCP, NCS などを中心とした各種薬剤について, 薬量, 処理条件, 持続効果, 薬害を含めた総合的な防除効果を検討した。

キタネグサレセンチュウが, 既に第3章で述べた室

内実験の結果から, サツマイモノコブセンチュウやクルミネグサレセンチュウに比べてD-D, EDB, DBCPへの耐性が強く, 逆に薬剤防除という観点では, キタネグサレセンチュウには前記3薬剤のうち1, 3-dichloropropene を主剤とするD-Dの効果が比較的高いこと, さらにNCSとベーパーバムがD-Dを上回る効果を示した(第3章, 4参照)。

キタネグサレセンチュウが発生する現地圃場で行った一連の防除試験は, 前述の室内実験の結果によく一致し, D-D, EDB, DBCPのいずれも, ネコブセンチュウを対象とした通常の薬量(30 l/10a)では効果が不足な事例がみられた。しかし同時に, D-DだけはEDBやDBCPに比べてまさる結果が多く, この点では永沢・堀江⁷²⁾, 山口¹³⁸⁾の成績と一致した。また, NCSやベーパーバムなどのカーバム剤も室内実験と同様に現地試験でもすぐれた効果が認められた。

既に発表した成績^{8, 10, 11, 14)}も含めて, 代表的薬剤のキタネグサレセンチュウ防除を総括すると以下のようになる。D-Dは10a 21.6 l (一穴2 ml, 30cm間隔)では効力不足で, 32.4 l (同3 ml)以上で有効であり, 43.2 l (4 ml)~54 l (5 ml)で安定した効果があった。EDBは21.6 l (2 ml)では効力なく, 32.4 l (3 ml)では効力の低い場合があった。43.2 l (4 ml)~54 l (5 ml)は有効の事例が多く, 75.6 l (7 ml)で効果がほぼ安定した。DBCPはEDBに比べて劣る事例が多かった。以上のように, 代表的な3薬剤ではD-Dが比較的安定し, その54 l (5 ml)以上が適当と考えられる。しかし, 川崎市の事例(ニンジン)のようにEDBがD-Dにまさる結果もあり, 地域や年次により効果が変動するのは, 土性や処理時の土壌条件の差によるものと考えられる。永沢・堀江⁷²⁾は, 東京産のキタネグサレセンチュウ防除に, D-Dでは75 l, EDBでは100 l以上の施用でないと効果を期待できないとした。川島⁵⁴⁾は福島県の薬用ニンジン加害のキタネグサレセンチュウをD-D 30 lでは防除できないという。稲生・谷⁴⁸⁾の茨城県の試験ではD-D, EDBともに54 lで良好な結果を得ている。星野⁴⁴⁾は栃木県の試験でEDB処理が好結果を得ている。また, 石川・高野⁴⁹⁾の埼玉県試験ではEDB 54 lがよく, D-Dは効果が劣った。一般に, 殺線虫剤の効果は薬剤自体の物理性と土壌条件(土性, 温度, 水分, 空隙, 有機物など)により左右され²⁹⁾, たとえば夏期高温時は蒸気圧の高いD-Dは, ガスが逸散しやすいので地表近くで効果の劣る傾向が岡田・森³⁰⁾の報告にもみられる。牧・山口⁶²⁾によ

ると、D-Dによるキタネグサレセンチュウの防除時期は夏よりも春(5月)が高いとされ、おそらくD-Dの蒸気圧、拡散速度、土壌の滞留時間などの関係であろう。神奈川県(おもに三浦半島)のキタネグサレセンチュウの防除時期は、その作付体系からいって夏期に集中しがちであるが、この場合、D-Dの無耕起処理、EDBおよびクロルピクリン処理後のビニール被覆¹⁴⁾はともに効果を高める結果を示した。呉羽⁶⁰⁾は長野県のコブセンチュウにD-D、EDBは無耕起不整地処理が耕起整地よりも効果が高いとしている。これらを総合して考えると、無耕起処理および処理後のビニール被覆はガスを長く滞留させ結果的に防除効果を高めたものと考えられる。

NCS、ペーバム、MN-3はキタネグサレセンチュウに対して高い効果を示し、永沢・堀江⁷²⁾、安部¹⁾、吉田¹⁴¹⁾の成績と一致した。NCSは10.8ℓではやや効力不足であるが、21.6~32.4ℓではすぐれた効果が認められ、ペーバムでは32.4ℓ、MN-3では21.6ℓがNCSとほぼ同等な高い効力を示した。これらの薬剤は注入処理以外に多量の水で希釈灌注しても効果が高かった。NCS、EDBの持続効果を検討したところ、線虫還元は低密度ほど早い、少なくとも処理後2年までは無処理の線虫密度との間に大きな差があり、持続効果も認められた。一般にネグサレセンチュウはコブセンチュウよりも増殖率が低く、このため密度の回復は遅いと考えられるが、作物の種類や栽培条件によっても異なるであろう。後藤³⁵⁾によると、サツマイモを加害するミナミネグサレセンチュウにはEDBが最も有効で、持続効果はおおむね3年という。

NCS、ペーバムが土壌中で分解されると methylisothiocyanate (MIT) が生成され、このものが殺線虫および殺菌効果を示すことがわかっている¹²⁵⁾。この分解には、低湿、高温、高pH、適度な空隙が必要とされ¹²⁴⁾、分解の速度は土性によって異なる³⁶⁾。また、分解生成物が化合して植物に有害な N,N'-dimethylthiourea [DMTU] を生成し、薬害を生じる³⁷⁾。したがって、カーバム剤は線虫防除に卓効を示す反面、薬害の危険が高く、筆者の試験でも、特にダイコンでは奇形を起こさせる例が少なくなかった。ダイコンの薬害は、間引時はすづまり状として認め、収穫時には股ダイコンとなって商品価値を著しく損う。なお、間引時の薬害であるすづまりは、一見するとネグサレセンチュウ圃場でのすづまりとよく似ている。

MITとD-Dの混合物であるディ、トラベックス

はキタネグサレセンチュウに対し高い防除効果を示し、10.8ℓでも効果は高いが21.6~32.4ℓはNCSを上回った。本剤のガスはD-Dに比べて土壌内の滞留時間が長く、このため防除範囲が広く、地表部付近の効果も高いといわれる⁸⁴⁾。ただし、NCSと同様な薬害を生ずることがあり、本試験でもダイコンに奇形根が発生した。カーバム剤の薬害を回避するためには処理と土壌の両条件の関連をさらに検討する必要がある。

1,3-dichloropropene を主剤とするテロンは、D-Dと同等またはそれ以上の効力を示した。クロルピクリンもD-Dとほぼ同等¹⁴⁾で、処理後のビニール被覆は効果を高める。稲生ら⁴⁸⁾もキタネグサレセンチュウに対するクロルピクリンの高い効果をみている。クロルピクリンとD-Dの混合剤(ネマクロベン)も32.4ℓで効果がすぐれた。ネマブロン(EDB・メチルプロマイド混合剤)はEDBよりややすぐれ、ソイルメイト(EDB・クロルピクリン混合剤)は多量施用で効果がある。このほか、DCIP、CDBE、TCNEなどは効果が劣った。

粒剤は使用が簡便なので、実用場面で今後ますます重視されると考えられる。供試した Terracur P や モソミルは効果が劣ったが、Ethoprophos (商品名、モ一キャップ5%粒剤)や Oxamyl (商品名、バイデート1%粒剤)は有効であり(近岡、未発表)、今後はより有効な薬剤の開発が望まれる。

また、D-DやEDBなどの処理でダイコン根部の横縞症がやや多く認められた。この症状はD-D処理で多くみられる薬害⁸⁸⁾と考えられ、ダイコン品質保存の観点からその回避策が検討された⁸⁸⁾。

第5章 対抗植物マリーゴールドの利用によるキタネグサレセンチュウの防除

キク科植物のマリーゴールド(*Tagetes* spp.)が、植物寄生性線虫の土壌中密度を低下させることが、1938年にはじめて TYLER¹²⁶⁾により報告されて以来、多くの研究例があるが、特に OOSTENBRINK et al⁹⁰⁾、WINOTO SUATMAJJI¹³²⁾によるオランダの研究は著名である。マリーゴールドは主として内部寄生性の線虫類の密度低減に有効とされ、その殺線虫成分が α -terthienyl であることもわかり、富田¹¹⁴⁾がこれを解説している。しかし、これまでマリーゴールドの有効性は明らかにならなかったものの、これを線虫防除に実用化した例はなく、筆者らはキタネグサレセンチュウ防除のためマリーゴールドの利用を考え、その実用性についての検討を1969

年から続けてきた。その結果、神奈川県三浦地方では1973年ころから線虫防除にマリーゴールドが実用化されるに至ったが、ここでは大林・近岡(1973b)や関連ある既報^{14,53,86)}の成果およびその後の知見を加えてまとめることにする。

1. 材料および方法

項目2, 3, 4, 6, 7は、各試験とも、土壌中の線虫密度は土壌20~50gからベルマン法(20~25℃, 24時間)により分離して数えた。植物根中の線虫密度は根1~2gからミキサー法(25秒)で分離し、60と325メッシュの篩にかけ数えた。ダイコンの被害度(ダイコン以外は褐変度)は根部の病斑を肉眼観察により、無(0)、微(1)、少(2)、中(3)、多(4)に分けて被害指数を算出した(第1章1, 参照)。キタネグサレセンチュウはいずれも三浦半島産の材料を用い、マリー

ゴールドの園芸種は坂田種苗KKの品種を用いた。メキシカンマリーゴールドは農林水産省蚕糸試験場樋田技官より分譲をうけた。

項目5の試験は、土壌20g中の線虫密度をベルマン法により分離して数え、一部の試験ではサツマイモネコブセンチュウ(平塚産)を用いた。 α -terthienyl 粒剤と乳剤は保土谷化学KKの製品を供試し、マリーゴールドの粉末は若生商会提供のものを用いた。

2. マリーゴールドの品種別線虫密度低減効果

試験1

方 法

線虫高密度土壌をよく混和し、径9cm素焼鉢につめ、2月19日にアフリカンマリーゴールド7品種、F1品種、フレンチマリーゴールド8品種を播種した。温室内で約2ヵ月間栽培した後、根の褐変度、根内および

第64表 マリーゴールドのキタネグサレセンチュウ密度低減効果(1)^{a)}

種 名	品 種	根部褐変度 ^{b)}	線 虫 密 度 ^{c)}	
			根 部	土 壌
アフリカン マリーゴールド	エローフルフライ	+	734.7	75.8
	オレンジフルフライ	+	751.0	66.0
	エローシューブリーム	+	1,319.0	142.3
	スーパージャックオレンジ	+	789.0	116.0
	スパンゴールド	+~+	362.5	53.0
	キュービットエロー	++~	790.2	122.8
	キュービットオレンジ	++~	846.4	105.8
F1	トレアドール	+	286.0	15.8
	ゴールドエンジュビリー	±	158.0	80.3
	ファーストレディ	±	324.6	44.0
	ダブルイーグル	-~±	137.0	15.0
	ダブルリン	±	111.5	17.8
3n	ソオブリン	±	109.0	27.5
	エローナギット	±	502.0	59.3
	オレンジナギット	±	112.0	44.0
フレンチ マリーゴールド	ゴールドナギット	±	122.5	203.0
	ブライトニー	-	87.0	35.5
	ダイディマリエッタ	-	139.7	50.3
	ブチスブライ	-	95.0	58.0
	ブラウニスコット	-	130.5	30.3
	エローピグミー	+	501.3	104.8
	ブチハーモニー	+	410.0	177.6
	ブチエロー	±	280.2	71.5
LSD	5%	-~±	57.0	53.0
	1%		94.0	28.4
			125.0	37.8

a) 試験開始時の土壌中線虫密度 1,023頭/50g 4反復平均値 b) -(無), ±(微), +(少), +(中), ++(多)

c) 根1g, 土壌50g当たり

土壌中線虫密度を調査した。試験は4反復。

結 果

結果は第64表に示した。マリーゴールドは約2ヵ月間の短い栽培のため、フレンチ種の一部のものには蕾または開花初めの状態のものもあったが、それでも土壌中の線虫密度は処理前よりも大幅に低下した。しかし根の褐変度が低く、特に根内密度の低いフレンチ種の各品種やF₁種にこの傾向が強かった。根の褐変度が高い品種では、それに応じて根内の線虫密度も高い傾向が認められた。

試験2

方 法

あらかじめインゲンマメを植え線虫密度を高めた土壌をよく混和し、1/10,000aポットにつめ、アフリカン種6品種、フレンチ種4品種、対照としてインゲンマメ(マントル)を1ポット5粒ずつ10月7日に播種、6ヵ月間温室で育て翌年4月21日に根の褐変度、根内および土壌中線虫密度を調査した。さらに3品種につ

いて、その根を染色(ラクトフェノール法)して内部の線虫寄生状況を観察した。試験は3反復。

結 果

マリーゴールド栽培後の土壌中線虫密度は、いずれも大幅に低下し、対照のインゲンマメは当然ながら約6倍に増殖した。一方、根内の線虫密度では品種間で明らかな差がみられ、オレンジフルフライ、キュービットエロー、キュービットオレンジの3品種が特に多かった(第65表)。供試品種のうち、ブライトニー、オレンジフルフライ、キュービットオレンジの3品種について、その根を染色観察したところ、ブライトニーには線虫の侵入を全く認めなかったが、後2者では、褐変部の細胞の壊死とその周辺部に多数の成虫、幼虫、卵を認めた。これらの結果から、マリーゴールドを長期間栽培した場合でも、根の褐変度が高く多数の線虫が根に侵入するような品種では、線虫の増殖が明らかに行われており、したがって防除効果は期待できそうもない。

第65表 マリーゴールドのキタネグサレセンチュウ密度低減効果(2)^{a)}

区 別	品 種 名	根部褐変指数	線 虫 密 度 ^{b)}	
			根 部	土 壌
アフリカン マリーゴールド	エローフルフライ	20.8	0	6.0
	オレンジフルフライ	62.5	157	4.8
	アフリカントール	10.0	7	1.5
	スパンゴールド	12.5	3	1.8
	キュービットエロー	16.7	207	5.7
	キュービットオレンジ	91.7	1,830	18.0
フレンチ マリーゴールド	ブライトニー	0	0	0.7
	ダイディマリエッタ	3.6	1	1.3
	ブラウニスコット	8.3	1	0.8
	ブチスプレーキングタット	8.3	0	2.2
インゲンマメ		—	—	582.8

a) 試験開始時の土壌中線虫密度 150頭/20g 3反復平均値 b) 根2g、土壌20g 当たり

試験3

方 法

1/5,000aポットに線虫土壌をつめ、マリーゴールド24品種と、インゲンマメ(マントル)を各8粒ずつ5月14日に播種、7ヵ月後の12月14日に土壌中線虫密度と根の褐変度を調査した。さらに各ポットに、2作目はダイコン(都)、3作目はインゲンマメ(マントル)、4作目はサツマイモ(高系14)を順に輪作し、土壌中線虫密度と根の褐変度の消長を調査した。

結 果

第66表にまとめたように、マリーゴールド栽培によ

る土壌中線虫密度の低減効果は顕著で、後述のアフリカン種の4品種を除けば、いずれも開始前のわずか3%以下に減少した。

マリーゴールドの後作にダイコン、インゲンマメ、サツマイモを輪作すると、前述の効果の劣った4品種(エローシェーブリーム、キュービットエロー、キュービットオレンジ、キュービットエロー・オレンジ混合)で増殖率が高いが、他の20品種では低密度のまま約300日間を経過した。一方、対照のインゲンマメではよく増殖したが、2作目のダイコンと4作目のサツマイモでそれぞれ線虫密度を低減させた。なお、マリーゴー

第66表 マリーゴールドのキタネグサレセンチュウ密度低減および持続効果

種 名	品 種	土 壌 中 線 虫 密 度 ^{a)} (根の褐変度)				
		試験開始時	終了時	2 作 目 ダイコン	3 作 目 インゲンマメ	4 作 目 サツマイモ
アフリカン マリーゴールド	エローシューブリーム	274	21 (+)	27 (-)	709	49 (#)
	エローフルフライ	250	2 (-)	5 (±)	4	5 (-)
	オレンジフルフライ	147	5 (-)	2 (+)	12	5 (+)
	スーパージャックオレンジ	302	7 (±)	3 (-)	28	4 (+)
	ビックスマイル	192	2 (-)	3 (-)	0	0 (-)
	アフリカントール	244	1 (±)	4 (±)	9	10 (±)
	スパンゴールド	195	0 (±)	2 (-)	2	0 (-)
	スパンゴールドエロー	138	2 (-)	0 (±)	3	-
	キュービットエロー	284	46 (+)	66 (#)	1,373	134 (#)
	キュービットオレンジ	189	17 (#)	23 (#)	809	29 (#)
	キュービット各色混合	243	75 (#)	65 (#)	2,009	372 (#)
F ₁	ファーストレディ	175	0 (±)	5 (-)	5	1 (-)
	ゴールデンジュビリー	149	3 (-)	0 (-)	13	6 (+)
フレンチ マリーゴールド	ブチスプレーキングタット	243	2 (±)	1 (-)	1	0 (-)
	ブライタニー	211	1 (-)	2 (-)	5	0 (-)
	ディディマリエッタ	216	2 (-)	1 (-)	6	8 (±)
	ブチスブライ	205	1 (±)	1 (-)	2	0 (-)
	ブラウニスコット	198	3 (-)	4 (-)	2	1 (-)
	ブチエロー	158	1 (-)	7 (-)	1	5 (-)
	エローピグミー	211	2 (-)	3 (-)	1	1 (-)
	ブチハーモニー	224	3 (-)	0 (-)	5	8 (+)
	ブチオレンジ	125	3 (-)	1 (-)	8	12 (#)
	ボレロ	189	0 (-)	3 (+)	0	2 (±)
インゲンマメ	カルメン	383	1 (-)	7 (-)	19	12 (+)
	マントル	276	1,329	431 (#)	2,360	102 (#)
累 積 日 数		0	213	291	381	518

a) 土壌20g当たり その他は第64表に同じ

ルドは草丈がフレンチ種でいずれも20cm前後、株が横に広がり、アフリカン種はわい性種(スパンゴールド、キュービット)が30~40cm、その他のアフリカン種、F₁種は50~100cm、また根量は草丈にほぼ比例するよううでアフリカンの高性種が最も多い。

3. マリーゴールドの栽植日数と線虫密度低減効果

試験1

方 法

線虫高密度土壌を1/5,000aポットにつめ、マリーゴールド(アフリカントール)、インゲンマメ(マントル)、トマト(光)、ダイコン(美濃早生)などを6月4日播種、ガラス室で育てた。終了後さらに2作目はダイコン(都)、3作目と4作目はインゲンマメ(マントル)を植え、この間の土壌中線虫密度の消長を調べた。試験は2反復。

結 果

マリーゴールドの栽植日数と線虫密度低減効果は第67表に示すとおり、33日では不充分であったが70日以上では顕著であった。また、マリーゴールドとトマトの混植でも同様の傾向を示したが、インゲンマメ、ダイコン、トマトなどの単植では、線虫はふえるか減少してもわずかであった。

2作目のダイコン、3~4作目のインゲンマメの栽培では、1作目のマリーゴールド栽培で線虫密度の増加がほとんどみられず、トマトとの混植でも3作目までは線虫密度の復元を認めなかった。しかし、マリーゴールドを栽培しなかった区では著しく高密度となった。なお、無栽培では線虫密度がふえられる条件がないため、漸減の傾向であった。

試験2

方 法

線虫高密度土壌20kgを径35cmの鉢につめ、アフリカンマリーゴールド2品種(アフリカントール、キュー

第67表 マリーゴールドの栽植日数とキタネグサレセンチュウの密度低減効果^{a)}

区	別	播種後の経過日数			2 作目	3 作目	4 作目
		33 日	70 日	121 日	ダイコン	インゲンマメ	インゲンマメ
マリーゴールド	2 株 ^{b)}	37.5	3.0	3.5	0.5	0.5	0
"	4 "	34.0	6.0	4.5	0.5	7.0	3.5
"	8 "	36.0	3.0	5.0	1.0	4.0	7.0
インゲンマメ	3 "	56.5	313.5	692.5	80.5	128.0	60.0
ダイコン	4 "	71.0	128.0	228.5	15.5	243.0	515.0
トマト	4 "	57.0	34.5	76.0	10.0	323.5	609.5
トマト・マリーゴールド	3株ずつ	44.0	3.5	1.5	7.0	11.0	48.0
無 栽 培	—	55.0	17.5	8.5	3.5	4.0	1.5
累 積 日 数					301	411	581

a) 2 反復平均値, 試験開始時の土壌線虫密度 148頭/20g b) 栽植株数

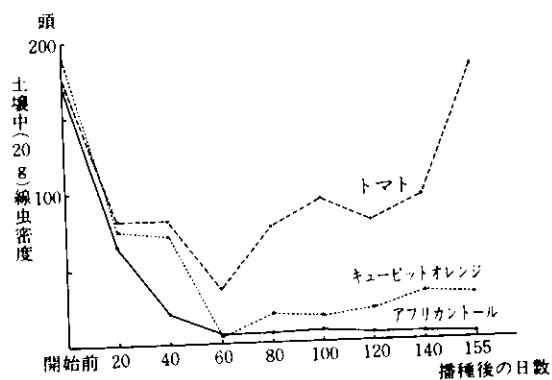
ビットオレンジ)とトマト(光)を40粒ずつ5月18日に播種, その後20日間隔で各鉢から5株ずつ抜き取り, 根部および土壌中線虫密度を調査した。さらに各鉢に, 2作目はダイコン(都), 3作目はトマト(光), 4作目はインゲンマメ(マントル), 5作目はダイコン(都), 6作目はインゲンマメ(マントル)を植え, 線虫の寄生と土壌中密度の消長を調査した。

結 果

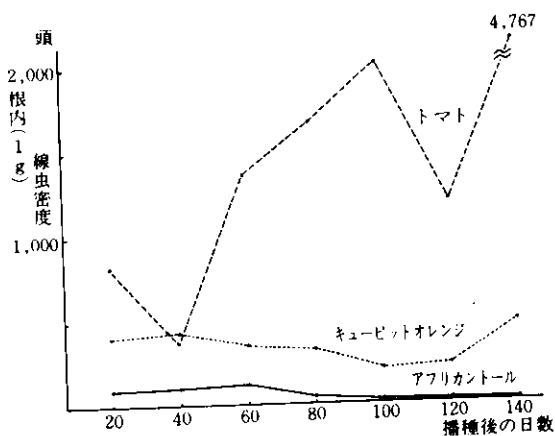
マリーゴールド2品種またはトマトを栽培した場合の土壌中および根内の線虫数の消長をそれぞれ第17図と第18図に示した。マリーゴールドの両品種およびトマトの栽植によって, 土壌中の線虫密度が播種後60日目ころまでやや急速に低下する。しかしその後は, トマトで線虫密度が漸増を始め, マリーゴールドでは両品種とも増加がほとんど起こらない。一方, 根内の線虫密度も土壌中のそれに似て, トマトでは40日目ころから密度の急激な上昇が起こるが, マリーゴールドの両品種では密度の急激な上昇はみられない。これらの点からはっきりしたことは, 線虫密度の初期の急減は, 土壌中の線虫が植物根内に侵入移行したために起こり, その後トマトでは線虫が根内で増殖し, その一部が根内から再び土壌中に遊出移行する, ということである。さらにマリーゴールドでは, その根内でトマトにみられるような増殖がなく, したがってそれに続く線虫の土壌への再移行(遊出)も起こらない。

次にマリーゴールドまたはトマトの栽培後, ダイコン, トマト, インゲンマメを順次作付けた場合の各作付終了時の土壌中線虫密度を第68表に示した。ここでは, マリーゴールドの2品種のうち, アフリカントールの密度低減効果が実に6作目まで持続されたこと, および逆に, キュービットオレンジの密度低減効果が

せいぜい2作目までで, 効果の持続という点ではアフリカントールに遠く及ばなかったこと, などが目立っている。



第17図 マリーゴールドの栽植日数による土壌中キタネグサレセンチュウ密度の消長



第18図 マリーゴールドの栽植日数による根内キタネグサレセンチュウ密度の消長

第68表 マリーゴールドのキタネグサレセンチュウ密度低減の持続効果a)

区 別	2 作 目	3 作 目	4 作 目	5 作 目	6 作 目
	ダイコン	ト マ ト	インゲンマメ	ダイコン	インゲンマメ
アフリカントール	4.0	1.0	0	0.5	0
キュービットオレンジ	45	1,031	237	461	—
ト マ ト	103	878	260	362	—
累 積 日 数	280	447	554	654	748

a) 線虫密度 土壌20g 当たり

4. マリーゴールド・トマト混植の線虫密度低減効果

試験1

方 法

フラワーポット(長さ51cm, 幅16cm, 深さ15cm)に線虫高密度土壌をつめ、マリーゴールド(アフリカ

ントール)およびトマト(光)の40日苗を等間隔に4月27日植付け、8月2日に根部の線虫寄生および土壌中線虫密度を調査した。試験は2反復。

結 果

第69表に示すとおりトマトの根部褐変度は、マリーゴールドとの混植の有無にかかわらずひどいが、トマ

第69表 マリーゴールド・トマト混植のキタネグサレセンチュウ密度低減効果a)

区 別	マリーゴールド		ト マ ト		土 壌 中c)
	褐 変 度	線虫密度b)	褐 変 度	線虫密度b)	線虫密度
マリーゴールド2株・トマト1株	(+)	— d)	(#)	663	31
マリーゴールド1株・トマト2株	(+)	583	(#)	1,181	57
マリーゴールド・トマト各2株	(+)	—	(#)	713	16
マリーゴールド3株	(+)	—	—	—	2
ト マ ト 3 株	—	—	(#)	4,598	322

a) 苗はマリーゴールド本葉2枚、草丈6~7cm, トマトは草丈約10cm

2反復平均値 試験開始時の線虫密度 346頭/±20g

b) 根1g 当たり c) 土壌20g 当たり d) 調査せず

ト根内の線虫密度ではトマトの単独よりもマリーゴールドと混植した方がはるかに低かった。ただしトマトは、それと混植するマリーゴールドとの量的比率(本数)を変えても、根内の線虫寄生密度においてははっきりした傾向を示さなかった。一方、土壌中の線虫密度はマリーゴールドが最も低い密度で、次いでマリーゴールドとトマトの混植であるが、混植でもマリーゴールド1株はやや高い密度であった。

試験2

方 法

1/2,000aポットに線虫高密度土壌をつめ、マリーゴールドとトマトの60日苗を、1株ずつの混植または2株の単植で3月9日に植え、6月12日に根部の褐変度や線虫寄生状況、土壌中線虫密度を調査した。さらに各ポットに2作目、3作目にそれぞれインゲンマメを植え、土壌中の線虫密度を調査した。

第70表 マリーゴールド・トマト混植のキタネグサレセンチュウ密度低減および持続効果a)

区 別	マリーゴールド		ト マ ト		作付終了時の土壌中線虫密度		
	褐 変 度	線虫密度	褐 変 度	線虫密度	1 作 目	2 作 目 インゲンマメ	3 作 目 インゲンマメ
マリーゴールド・トマト混植	(±)	1,565	(#)	1,800	51	326	638
マリーゴールド単植	(±)	911	—	—	3	9	10
ト マ ト 単 植	—	—	(#)	4,100	200	532	509

a) 試験開始時の線虫密度 68頭/±20g, 2反復平均
その他は第64表に同じ

結 果

第70表に示すとおり、マリーゴールドは根の褐変度は低い、根内の線虫密度はかなり高く、特にトマトとの混植で高かった。一方、トマトは根の褐変度がマリーゴールドとの混植でもトマト単植でもともに高いが、根内の線虫密度ではマリーゴールドとの混植がトマト単植の半分以下であった。次に土壤中の線虫密度は、1作目終了時でマリーゴールド・トマトの混植がトマト単植の1/2であったが、2作目以降密度は急速に上昇してトマト単植との差異がはつきりしなくなった。

5. α -terthienyl およびマリーゴールド粉末の線虫密度低減効果(1) α -terthienyl 粒剤の施用効果

方 法

内径8.6cmの腰高シャーレに線虫高密度土壌300 g (サツマイモネコブセンチュウを供試した) を入れ、 α -terthienyl 5%粒剤を均一に混入し、室温(平均15℃前後)で8、50日後に線虫密度を調査した。試験は2反復。

結 果

従来、対抗植物マリーゴールドは内部寄生種であるネグサレセンチュウやネコブセンチュウに有効であり、殺線虫成分として α -terthienyl を含むことが知られている。今回の試験(第71表)から、 α -terthienylは土壌中に多量に施用した場合、ネコブセンチュウを効果的に制御できることが明らかとなった。

(2) α -terthienyl 乳剤の苗根部浸漬および灌注試験

方 法

ポットで育苗したキュウリ苗(新ときわ)を α -terthienyl 10ppm液(10%乳剤を水で希釈)に24時間浸漬後、線虫高密度土壌(キタネグサレセンチュウ)に1ポット

第71表 α -terthienyl 5%粒剤のネコブセンチュウに対する密度低減効果^{a)}

区 別	(濃度ppm) ^{b)}	土 壌 中 線 虫 密 度 ^{c)}	
		8 日	50 日
0.3 g	(50)	326.0	220.5
0.6	(100)	270.0	217.5
1.2	(200)	317.5	202.0
3	(500)	258.5	156.0
6	(1,000)	135.0	85.5
12	(2,000)	112.5	1.0
30	(5,000)	0	0
無施用	(0)	299.5	159.5

a) 2反復平均値 b) 土壌300 g中の濃度

c) 土壌20 g当たり

第72表 α -terthienyl 乳剤のキタネグサレセンチュウに対する密度低減効果^{a)}

区 別	土 壌 中 線 虫 密 度 ^{b)}
α -terthienyl 10ppm 苗 浸 漬 24 時 間	253.7
定植後200ml灌注	211.0
定植後400ml灌注	292.7
無 処 理	377.5

a) 3反復平均値 b) 土壌20 g当たり

(1/5,000aポット)1株ずつ定植した。また、キュウリ苗(α -terthienyl)定植直後に1ポット当たり10ppm液を200、400mlずつ灌注した。キュウリはガラス室で栽培し、40日後に土壌中線虫密度を調べた。

結 果

第72表に示したが、 α -terthienyl乳剤の根部浸漬は線虫密度低減効果が劣り、さらに200、400ml灌注も効果を期待できなかった。

(3) マリーゴールドの粉末施用の効果

第73表 マリーゴールド粉末の土壌施用のキタネグサレセンチュウ密度低減効果^{a)}

	土 壌 中 ネ グ サ レ セ ン チ ュ ウ 密 度 ^{b)}				インゲンマメ根部の寄生		土 壌 中 雑 線 虫 密 度		
	開始前	7 日 目	14 日 目	23 日 目	褐変度	線虫密度 ^{c)}	7 日 目	14 日 目	21 日 目
0.2 g		272	289	373	4.0	2,309	299	321	399
0.5		223	172	306	4.0	3,299	400	247	453
1		116	150	238	3.0	2,611	414	215	517
2	182	114	84	181	3.0	2,088	563	329	803
5		72	25	49	2.5	1,295	590	1,109	1,173
10		29	16	39	2.0	190	540	2,152	2,350
20		5	18	3	2.0	15	—	1,690	5,671
無施用		227	130	393	4.0	2,372	281	162	437

a) 2反復平均値 b) 土壌20 g当たり c) 根1 g当たり

方 法

内径8.6cmの腰高シャーレに線虫高密度土壌(主要種はキタネグサレセンチュウ) 350gを入れ、マリーゴールド粉末を所定量混入、20℃で7、14、23日後に線虫密度を調べた。また、23日目の土壌100gは150ml広口瓶に入れ、インゲンマメ(マントル)を播種し、20℃で15日生育させ根部の線虫寄生状況を調査した。なおここで供試した粉末は、マリーゴールドの花が主成分で、飼料用(養鶏)としてメキシコから輸入されたものである。試験は2反復した。

結 果

第73表に示すとおり、マリーゴールド粉末施用の効果は5g(10a当たり換算1t)以上で処理7日目ころから顕著となり、線虫密度を低下させた。23日目の土壌にインゲンマメを播種し根部の線虫寄生を調べた結果も、それをほぼ裏づけ、特に10~20g(10a当たり2~4t)の効果が高いことを示した。なお、粉末施用の影響としての土壌中の雑線虫密度の変化をみると、ネグサレセンチュウの密度を下げる5g以上の施用によって、*Rhabditis* 属を主体とした雑線虫の密度が目立って高まったことは興味深い現象である。

6. 線虫密度を下げるマリーゴールドの栽植方法

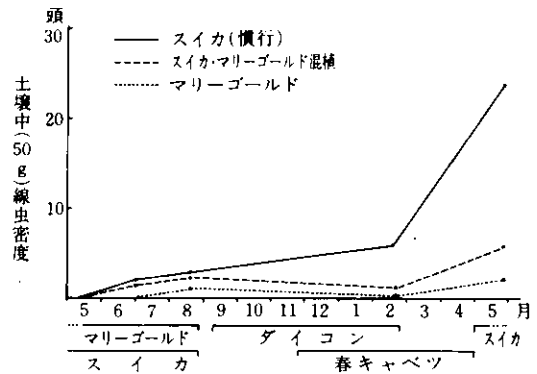
(1) マリーゴールド単作とスイカと混植の場合の効果比較

方 法

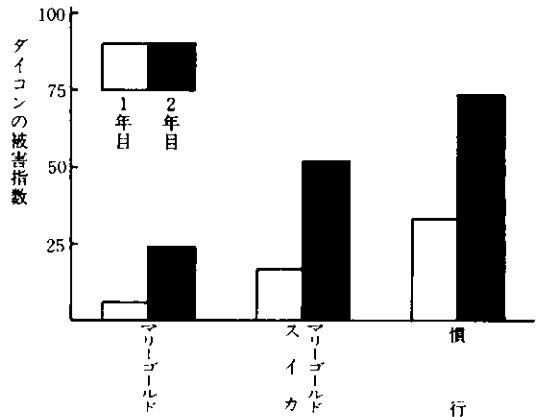
コンクリートブロックで仕切った圃場(3×4×1m)に線虫を均一に接種し、マリーゴールド単作区、スイカ・マリーゴールド混植区、対照としてスイカ単作区(慣行)を設けた。マリーゴールド(アフリカントール)は4月7日に畦幅60cmで条播きとし、スイカ(綺王)は5月3日に1区2株を定植した。2作目以降は各区とも三浦半島の慣行に従ってダイコン、春キャベツ、スイカ、ダイコンの順に輪作し、それぞれの作付終了時に土壌中線虫密度とダイコン被害度を調査した。

結 果

線虫接種のあと試験開始までの期間が短く、そのため初期の線虫密度はきわめて低かったが、その後スイカの栽培区で密度が高まり、2作目のダイコン収穫期には線虫密度の区間差は明瞭となった。土壌中の線虫密度の消長を第19図に、1年目および2年目のダイコン被害度を第20図に示したが、マリーゴールド単作区では線虫の増殖が最も遅い。また、スイカとマリーゴールドの混植区も、マリーゴールド単作区に及ばない



第19図 マリーゴールド単作、マリーゴールド・スイカ混植栽培の土壌中のキタネグサレセンチュウ密度の推移



第20図 マリーゴールド単作、マリーゴールド・スイカ混植のあとの1年目、2年目ダイコンの被害

がスイカ(慣行)区よりもはるかに線虫密度を低くおさえた。1年目のダイコンの被害度は、マリーゴールド単作のあとがスイカ(慣行)あとと比較して約1/2となり、マリーゴールドとスイカ混植のあとも1/2となって、それぞれ大きな効果を示している。2年目のダイコンの被害度は、1年目のそれよりは増加したものの同じ傾向の効果がうかがわれ、特にマリーゴールド単作の効果が大きい。

これらの結果から考えると、マリーゴールドの利用には、単作が望ましいが混植栽培でも実用的な防除効果が十分期待できる。

(2) スイカと混植の場合のマリーゴールドの栽植距離および密度低減効果

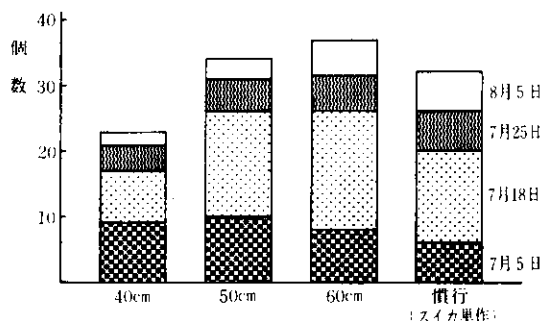
方 法

横須賀市林の線虫高密度圃場で、4月29日に4×1.1

mで定植したスイカの間に、マリーゴールド（草丈の高いF₁種ダブルーン）を5月25日に40×40cm, 50×50cm, 60×60cmの間隔で定植し、6月末に地上約30cmの高さでせん定した。調査は、スイカの時期別収量、土壌中の線虫密度、後作ダイコンの収量について行った。1区面積90m²、1連制とした。

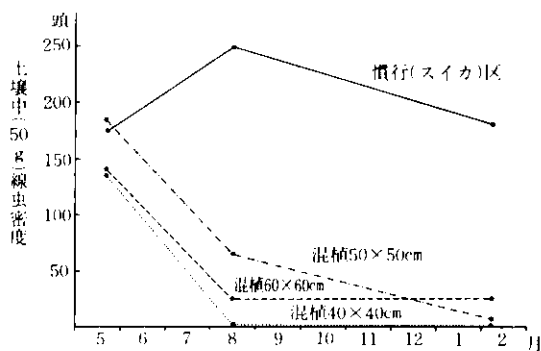
結 果

マリーゴールドはよく伸長し、6月30日（定植35日後）には60～65cmの草丈となったので、この時期に約30cmの高さまでせん定した。スイカの収量は第21図の



第21図 栽植距離の異なるマリーゴールドとスイカとの混植栽培圃場のスイカの収量（累積収穫個数、10株当たり）

とおりで、50×50および60×60cm区は慣行区（スイカ）を上回った。この理由は明らかでないが、線虫高密度のため慣行区の線虫加害による減収も大きかったことが推察される。一方、混植の40×40cm区では中後期の収量が少なくなり慣行区よりも劣った。これは明らかに混植の影響（養水分の競合）による着果数の減少と考えられる。



第22図 栽植距離を異にするマリーゴールドとスイカとの混植栽培によるキタネグサレセンチュウ防除効果

第74表 栽植距離を異にするマリーゴールドのスイカとの混植栽培の後作ダイコンのキタネグサレセンチュウ被害軽減効果

区 別	ダイコン被害指数	被害度別分布				
		0	1	2	3	4
マリーゴールド	40×40cm	10.8	60.0%	36.7	3.3	0
混 植	50×50	10.8	56.7	43.3	0	0
	60×60	27.5	26.7	46.7	16.7	10.0
慣 行 (スイカ単作)		95.0	0	0	0	20.0

線虫の防除効果であるが、第22図、第74表に示しており、マリーゴールドを混植した区はいずれも顕著に線虫密度を下げ、その結果、後作ダイコンの被害を大きく軽減するのに役立った。

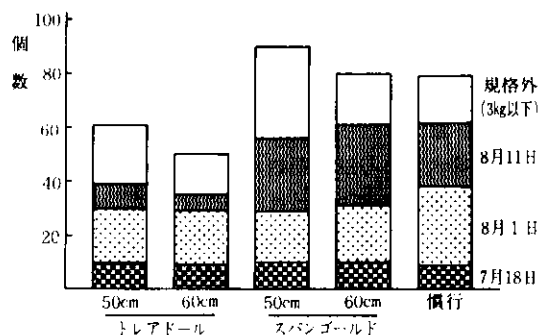
(3) スイカと混植の場合のマリーゴールドの品種と栽植距離がスイカ収量に及ぼす影響

方 法

三浦半島の慣行に従い4月28日にスイカを定植、追肥と畝わらのあと5月23日にマリーゴールド（F₁高性種トレアドール、アフリカンおい性種スパンゴールド）を定植した。栽植距離は50×50cmおよび60×60cm、1区面積61.6m²、1連制とした。

結 果

スイカの収量（累積収穫個数）は第23図のように、7月18日までの初期収量ではほとんど差はなかったが、中、後期収量ではスパンゴールド50×50cmが慣行（スイカ単作）にやや劣り、高性種トレアドール区はいずれの栽植距離でも大きく減収した。なお、3kg以下の果実を加えた総着果数でもトレアドール区は慣行より明らかに少なかった。これらの結果から、草丈の高いトレアドールでは、後期収量を構成する着果数の減少のため減収するが、おい性種スパンゴールドでは、その影響はなさそうである。



第23図 スイカと混植の場合のマリーゴールドの品種と栽植距離がスイカ収量に及ぼす影響

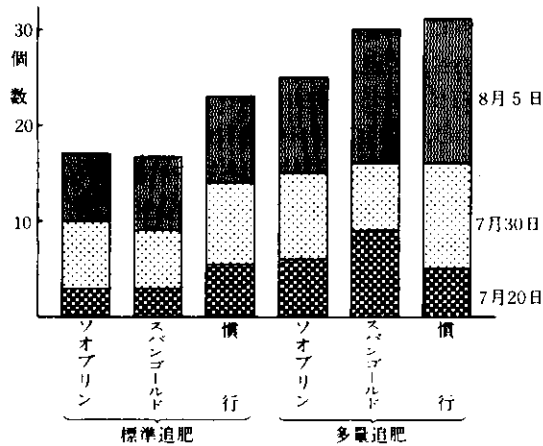
- (4) スイカと混植の場合のマリーゴールドの品種と施肥量がスイカ収量に及ぼす影響

方 法

三浦市上宮田の現地圃場に5月3日定植したスイカに、標準量およびその10%増しを追肥し、それぞれにF₁高性種ソオプリンまたはアフリカンわい性種スパンゴールドを5月25日に50×50cmの栽植間隔で定植し、スイカの収量を調査した。施肥量は10a当たりN-P₂O₅-K₂Oの成分量で元肥5.4-9.0-5.4kg、追肥(標準)14.4-4.8-14.4kgと、多量追肥では追肥量15.8-5.3-15.8kgとした。1区面積120m²、1連制とした。

結 果

マリーゴールドの定植はスイカの定植より22日遅いが、高性種ソオプリンは1ヵ月後に約15cmの高さにせん定したもの、分枝がよく、伸びが開花最盛期には草丈80cmほどになった。一方、スパンゴールドはせん定せず約30cmの草丈であった。スイカはおよそ3.5kg以上の果実を収穫したが、その累積個数は第24図に示すとおり、標準追肥ではソオプリン、スパンゴールドの混植がともに慣行(スイカ単作)よりも劣り、多量追肥ではソオプリン、スパンゴールド混植だけがやや減



第24図 スイカと混植の場合のマリーゴールドの品種と施肥量がスイカ収量に及ぼす影響

収した。一方、追肥量の違いで各品種を比較すると、いずれの品種でも標準追肥より多量追肥が収量を高めた。これらの結果からスイカは、マリーゴールドとの混植栽培では単作の場合の標準施肥量では不十分である。

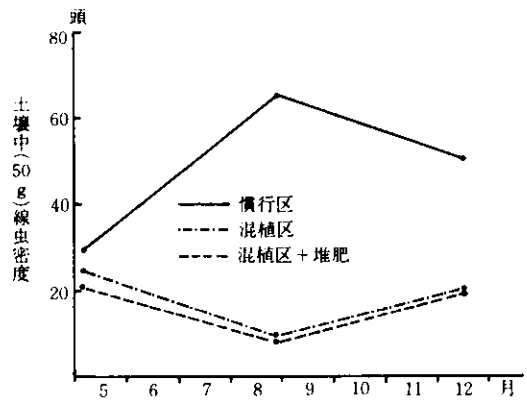
- (5) マリーゴールド・スイカ混植栽培における堆肥の効果

方 法

横須賀市北下浦のキタネグサレセンチュウ発生圃場で、5月3日スイカ定植のあとマリーゴールド(アフリカントール)を30×60cm間隔で定植(一部条播き)、樹皮堆肥400kg/10aの施用と無施用の両区を設け慣行(スイカ単作)との間で、後作ダイコンでの土壌中の線虫密度と被害を比較した。1区70m²、3連制とした。

結 果

土壌中の線虫密度の消長とダイコンの線虫被害は、第25図および第75表に示したとおり、スイカ栽培あとの線虫密度はマリーゴールドの混植によって著しく下がり、後作のダイコンの栽培によってわずかに上昇したものの効果ははっきりしている。一方、堆肥の施用がマリーゴールドの混植による線虫密度低減効果をさらに加速させるか否かははっきりしないが、ダイコン



第25図 スイカ・マリーゴールド混植での堆肥の効果

第75表 スイカ・マリーゴールド混植栽培での堆肥施用が後作ダイコンのキタネグサレセンチュウ被害に及ぼす効果^{a)}

区 別	ダイコン 被害指数	被 害 度 別 分 布				
		0	1	2	3	4
スイカ・マリーゴールド混植	40.5	11.1%	41.1	27.8	14.4	5.6
スイカ・マリーゴールド混植+堆肥	25.0	23.3	58.9	13.3	3.3	1.1
スイカ単作(慣行)	77.2	0	0	15.0	15.0	70.0

a) 3反復平均値

の線虫被害でみる限り、堆肥施用の効果はマリーゴールド混植の効果をかなり上回るものとなった。

(6) 野性マリーゴールド（メキシカン種）の線虫密度低減効果

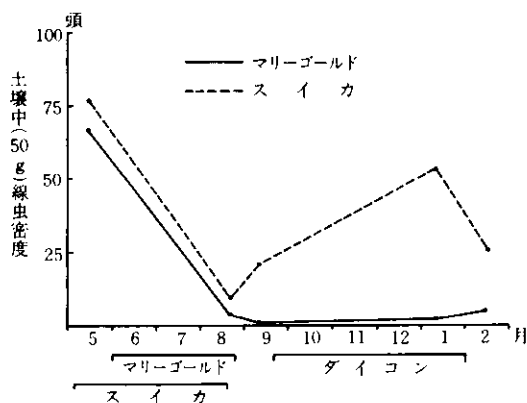
方 法

三浦市初声町（園芸試験場三浦分場）の線虫発生圃場ダイコン栽培跡地で試験した。マリーゴールドのメキシカン種の40日苗を6月1日に60×50cm間隔で定植、8月22日にチョッパーで細断し8月24日にすき込んだ。慣行栽培のスイカ（縞王）は5月2日に畦幅6m、株間80cmで定植、後作は慣行に従いダイコンを栽培（9月14日播種）しその線虫被害を調査した。土壌中の線虫密度は5月から翌年2月まで5回調査、試験区は1区51m²、マリーゴールド2連制、スイカ4連制とした。

結 果

土壌中線虫密度の消長を第26図、ダイコン被害を第76表に示したが、マリーゴールドはスイカ（慣行）に比べて線虫密度は低くなり、後作ダイコンによっても

ほとんど上昇しなかった。一方、スイカでは後作ダイコンで密度が上昇し、両区の間では線虫密度に顕著な差がみられ、ダイコン被害でも同様であった。



第26図 メキシカンマリーゴールド、スイカ（慣行）単作、後作ダイコンの土壌中キタネグサレセンチュウ密度の消長

第76表 メキシカンマリーゴールド、スイカ（慣行）単作が後作ダイコンのキタネグサレセンチュウに及ぼす効果 a)

区 別	ダイコン被害指数	被 害 度 別 分 布				
		0	1	2	3	4
メキシカンマリーゴールド単作	19.9	25.0%	70.0	5.0	0	0
スイカ（慣行）単作	41.4	1.5	47.5	39.0	12.0	0

a) スイカは4反復、マリーゴールドは2反復平均

7. 対抗植物マリーゴールドの利用によるキタネグサレセンチュウの防除に関する考察

マリーゴールドが植物寄生性線虫の土壌中密度を低下させることを最初に報告したのは TYLER¹²⁶⁾で、同様な例が1941年に STEINER¹¹¹⁾によっても記録されている。このいずれの報告もアメリカでネコブセンチュウについての例である。その後、1952年に至って、オランダの栽培家がスイセンの根腐病にマリーゴールドの栽培が有効と報告⁶¹⁾し、その原因はマリーゴールドによるキタネグサレセンチュウの密度低減効果であることを SLOOTWEG¹¹⁰⁾が確認、この報告がマリーゴールド再発見の糸口となった。

マリーゴールド (*Tagetes* 属) は、黄金色の花をつけるメキシコ原産のキク科植物で、世界でおよそ30種が知られ、我が国ではアフリカンマリーゴールド (*Tagetes erecta*) やフレンチマリーゴールド (*Tagetes patula*) のさまざまな品種が各地で栽培され花壇を彩っている。マリーゴールドの種類と植物寄生性線虫の種類につい

ては既に多くの報告^{21, 83, 90, 111, 113, 132)}があるが、いずれの場合もアフリカン種とフレンチ種が中心で、他にメキシカンマリーゴールド (*T. minuta*) や *T. signata* など若干の知見が報告されている。本研究では、アフリカン種、フレンチ種、およびF₁種の計29品種についてキタネグサレセンチュウの密度低減効果を検討し、その結果、フレンチ種ではいずれの品種も安定した効果を示すのに対し、アフリカン種やF₁種は品種間で効果が大きく変わり、たとえばアフリカン種のエローシェーブルーム、キュービットエロー、キュービットオレンジなどの品種は、線虫の侵入による根の褐変度が高く、根内の線虫の増殖も認められ、大きな効果は期待できないことがわかった。OOSTENBRINK et al⁹⁰⁾、WINOTO SUATMAJJI¹³²⁾の報告は、キタネグサレセンチュウに対するマリーゴールドの効果がフレンチ種で最も高いとしているが、アフリカン種でも品種によってはフレンチ種と同等の効果が得られることから、実用場面では根量が多い品種や作物との混植でも競合の起こ

りにくい品種を選択する、などにより効果は十分期待できよう。また、混植ではなく全面栽植の場合は、緑肥作物や堆肥源としての利用場面が考えられ、とすれば茎葉重の大きな野性種(メキシカンマリーゴールド)、フレンチ種よりもアフリカン種、という選択が必要になる。

マリーゴールドの殺線虫作用の機作については諸説があるが、OOSTENBRINK et al⁹⁰⁾は何らかの殺線虫物質の存在を示唆し、UHLENBROEK & BIJLOO^{129, 130)}はマリーゴールドの風乾根に約0.01%含まれる α -terthienylがその類縁化合物とともにin vitroで強い殺線虫を示すとした。本研究はネコブセンチュウを供した試験例ではあるが、 α -terthienyl 多量施用は効果が高かった。しかし、その経済性を考えると実用性は乏しい。一方、これらの化合物に対する線虫の感受性は、線虫の種類によって異なるといわれ¹³⁰⁾、その作用機構については不明な点も少なくない。本研究でマリーゴールドの栽植日数や持続効果を中心に検討した結果からみて、マリーゴールドの効果としてその栽培期間中に線虫密度が下がるのは、マリーゴールドの生育の初期に線虫が根に侵入し、その後根中で線虫が死亡するからである、と考えてよい。しかし一方、マリーゴールドの線虫密度低減効果は線虫の種類によって相違がみられ、ネグサレセンチュウやネコブセンチュウのような寄主範囲が広い内部寄生種に対しては有効でも、半内部寄生種^{61, 74)}や外部寄生種⁹⁰⁾に対しては効力は大きくなく、逆に線虫の増殖を許す例⁷⁷⁾も知られている。いま一つ例をあげると、マリーゴールド栽培跡にキタネグサレセンチュウの好寄主を栽培しても、線虫がすぐふえはじめ密度がたちまち復元してしまうことがない点は、薬剤処理の場合におおむね線虫密度の復活が早いことと比べ重要な相違のように思われる。これには殺線虫物質の存在と線虫不活性作用の存在が考えられる。一方、マリーゴールドは、その花の粉末を多量に土壤中に混入しても、線虫密度の低下が急速に起こる。同様の例は湯原¹⁴²⁾もキタネコブセンチュウで報告し、また後藤³⁵⁾によれば、ミナミネグサレセンチュウに対しては根や葉の部分よりも花または茎の部分の混入した方が効果が高い傾向という。いずれにしても、マリーゴールドの茎、葉、花の利用は、緑肥作物として地力維持の観点からも今後検討すべき課題である。

マリーゴールドの利用場面では、必要栽培期間をはっきりさせることも重要である。試験結果によると、土壤中線虫密度を安定した低さまで下げるのに約60日、

マリーゴールド根内の線虫数が減り全体の密度が下限を示すまでに80~100日を要した。これはOOSTENBRINK et al⁹⁰⁾がアフリカンやフレンチ種によるネグサレセンチュウの防除に3~4ヵ月の栽培期間が必要、とした結果によく一致する。

マリーゴールドが以上述べたように線虫防除に有効なことは古くから知られ、かつ多くの研究例があるのに、この植物が圃場規模で実用化されたという例はほとんどないが、その理由の一つは、農家の栽培体系の中に一定期間マリーゴールドを栽培できる新たな作型がにわかにとり入れがたいこと、二つ目は、薬剤防除が既に多くの作物に広く浸透し、多くの人がもはや農薬以外の資材を積極的に利用しようとする考えも必要もないと考えることである。しかしキタネグサレセンチュウは、他の種類の線虫に比べて薬剤感受性がきわ立って低く(つまり薬剤に対して強い耐性をもち)、年々かなり多量の薬剤処理(D-D50~70ℓ/10aなど)でも早期の線虫復元に悩まされてきたのが実情で、ここでのマリーゴールドの利用は、その利点も意義も大きいといわねばならない。なぜならマリーゴールドの利用は、薬剤を用いないという点で農薬残留の危険がなく、土壤微生物相への影響も少なくすみ、さらにキタネグサレセンチュウにも有効なこと、薬剤以上の持続効果を期待できること、など多くのすぐれた点がある。このような観点から今後の利用を考えると、マリーゴールドを夏作物として全面栽培するのが最も有効であるが、換金夏作物の休閑という点に経営上の問題があり、したがってその作物とマリーゴールドとの混植の可否の技術的検討が必要になる。

マリーゴールドとトマトを同株数混植すると、トマトの根内線虫密度も土壌中線虫密度もともにかなり低下する。一方、マリーゴールドの効果は栽植密度が高いほど大きくなるので、疎植栽培のスイカでは、間作としてマリーゴールドの導入はできそうである。スイカとマリーゴールドの混植栽培では、相互の養水分の競合を最少限にするため、品種の選択、栽植距離、施肥量などが技術的な要点となる。品種は草丈、根量、種子価格で決められよう。草丈についていえば、アフリカンの高性種は、スイカの通風、日当たりを不良にして着果率を下げ、わい性の品種は根の量が少ないので栽植株数が多くなる。したがって、根量の多い高性種を混植し、地上部を適期にせん定するのが有利である。この方法で栽植距離を検討し、50×50cm~60×60cmで線虫防除効果が高く、スイカ収量への影響も少な

かった。施肥量については、マリーゴールドの必要分を追肥として慣行量に加えることでスイカの収量が高められた。次いで堆肥施用の効果であるが、先に筆者らが堆肥は薬剤と併用した場合、線虫密度の復元を抑制する効果があると報告⁸⁵⁾した。これと同様に、マリーゴールドの場合も堆肥を併用するとダイコンの被害が軽減された。堆肥の併用効果については、今後さらに施用量や作用機構などの検討が必要であろう。

マリーゴールドは全面栽植で効果が高いので、キク⁵⁸⁾、レタス¹⁰⁶⁾などでその効果が検討され、効果の持続性も薬剤に比べて大きい¹⁰⁶⁾。近年、土づくり運動の一環として緑肥作物の導入が奨励され、マリーゴールドの利用が真剣に検討¹²⁸⁾され始めている。マリーゴールドを緑肥として考えれば、草丈が高く茎葉重の大きいメキシカンマリーゴールドが有利で、しかもその全面栽培はキタネグサレセンチュウに高い効果を示した。また、メキシカンマリーゴールドはコガネムシ類幼虫の生息密度も低下させ¹⁹⁾、多面的な防除効果が期待できる。

なお、果樹などの樹木のネグサレセンチュウに対する効果も検討^{43, 47)}されており、今後の課題と考えられる。

第6章 総合考察

本研究は、ダイコンなどを加害するキタネグサレセンチュウについて、その被害と生態の解明を基礎に有効かつ実用的な防除法を確立させる目的で開始したものである。

第1章では、神奈川県下のダイコンにおける被害の歴史と現状、その被害症状、線虫の発生活長および線虫密度との関係について調べた。さらに主要作物であるニンジン、ジャガイモ、サツマイモ、キャベツ、レタス、トマト、インゲンマメなどについても室内および圃場での被害査定を実施した。

キタネグサレセンチュウのダイコンに及ぼす被害は、1951年ころ神奈川県三浦市と横須賀市の2カ所ではじめて確認されて以来、急速に面積を拡大し、現在は三浦半島のダイコン栽培地帯の全域に広がるだけでなく、県下のダイコン栽培地域全般に発生が認められ、ダイコン栽培上の重大な障害となっている。このような発生拡大の原因としては、線虫の比較的好寄主である野菜の栽培増加や、堆肥の不足、キャベツ栽培における線虫寄生苗の移動による周辺への伝播、などが考えられ、さらには第3章で述べたような強い薬剤耐性も原因の一つであろう。線虫の被害は、まずダイコンの

肥大根の表面に生ずる不正形の白斑であるが、線虫密度が特に高いと、寸づまりの短根や根端から分岐根を生じた奇形根が発生する。このような根部の白斑はクルミネグサレセンチュウやキクネグサレセンチュウによっても生ずるが、ムギネグサレセンチュウでは生ぜず、またミナネグサレセンチュウでは黒斑を生ずる。

キタネグサレセンチュウの被害はダイコンのあらゆる作型でみられるが、このうち、秋播きと夏播きのダイコンで、根内の線虫の発生消長と病斑形成との関係を明らかにした。つまり、線虫はまず細根に寄生し増殖した後、生育中～末期の肥大根に寄生して白斑を生ずる。特に冬期に収穫するダイコンに被害が生ずるのは、第2章で示したように、キタネグサレセンチュウが低温でも比較的寄生が活発なためで、冬期の収穫でも土壤中の線虫密度は、播種前と同程度まで回復する。一方、ダイコンの品種によって線虫寄生(白斑形成)に差がみられるので、作型ともからめてなお検討が必要である。土壤中の線虫密度は当然ながらダイコンの被害を大きく左右する。このため、播種前の土壌検診によって線虫密度を査定することは、栽培に先立つ重要な作業である。特にダイコンでは、低密度による被害でもダイコンの品質を大きく損うことになるので、精度の高い検診が求められ、その方法の確立が要請されている。

キタネグサレセンチュウはダイコン以外の根菜類でも被害が大きく、特に各地で以前からニンジンやゴボウの被害が重視された。ニンジンでは、被害が長ニンジンでは大きく短根ニンジンでは比較的小さかった。ジャガイモでは、細根の線虫加害が塊茎(イモ)の減収につながる例がみられたが、サツマイモでは細根に特徴ある病斑を認めるのに塊根(イモ)の減収とはならなかった。葉菜類のうちキャベツは、キタネグサレセンチュウの経済的被害水準(密度)がかなり高い作物のようで目立った被害は少なく、反面、レタスは線虫寄生度が高く、被害のでやすい作物のようである。果菜類ではトマトで検討し、苗植を普通とする現在の栽培法では被害は大きな問題とはならない。マメ類のインゲンマメでは、線虫寄生度は高いが被害をほとんど認めなかった。以上のように、おもな作物についてのキタネグサレセンチュウ被害査定試験から、被害がでやすい感受性作物と比較的にくい耐虫性作物とに2大別され、さらに被害は線虫密度だけではなく、作型としての苗植か直播きか、品種、施肥その他の環境条件で大いに変わるものである。

第2章では線虫の生態を中心に調査した。線虫寄生によって形成される病斑型は三つに大別される。ネギ、タマネギは病斑が全くみられない無病斑型であるが、マメ科やナス科の作物では褐変がはっきりしており、ウリ科やセリ科では病斑部と健全部の境界がはっきりしなかった。このような病斑型は、第1章で述べたキタネグサレセンチュウによる作物被害の診断、被害査定、線虫の検診上重要な特徴である。さらには初期病斑のその後の変化、2次寄生菌の動向などを含めた総合的な診断が必要である。キタネグサレセンチュウは雑食性で寄生性がきわめて広く、供試した177種のうち、非寄主はわずかに4種（マリーゴールド3種、ハマスゲ）であった。寄主には普通作物、野菜、花卉、樹木、雑草など多数が含まれるが、植物の種類によって線虫の寄生性に差が認められ、したがって作物の輪作体系など線虫の耕種技術的防除の面からも重要であろう。雑草への線虫寄生は、圃場衛生の面からも無視できない。雑草のうちのある種類（たとえばノボロギク）は線虫によって特徴ある赤色病斑が形成されるので、よい指標植物¹⁵⁾になりそうである。

キタネグサレセンチュウの増殖適温は25℃前後で、30℃と15℃では抑制されるものの15℃でも寄主への侵入は活発であった。第1章で述べたように神奈川県ではダイコンのあらゆる作型に被害がみられ、冬期に収穫する三浦ダイコンで被害が発生するなど寒地型の特徴を示し、ほぼ周年の活動が考えられる。キタネグサレセンチュウは水中である期間生存できるが、その期間は高温なほど短くなる。一方、土壌での生存期間は長く、ポリエチレン袋に保存の土壌では自然温度条件で2年9ヵ月間生存した。このように土壌中で線虫が長く生存できることは、休閑等による防除対策上考慮されねばならない。また、水中で、特に温度が高いと短期間に死亡することは、田畑輪換や湛水（水田化）における線虫密度の消長にかかわる要因である。キタネグサレセンチュウは比較的強い低温耐性を示し、0℃は生存にほとんど影響を及ぼさず、-5℃でもわずかながら約40日間生存することから、寒冷少雪の北海道帯広市（冬季は地下10~30cmの地温が-0.7~-1.0℃）などの寒冷地での越冬は可能なのである。土性も線虫の発生と密接な関係にあるが、一般に砂質土壌で線虫はよく増殖し、粘質土壌では劣るので、線虫の発生分布や被害の予測に参考になる。

第3章では、キタネグサレセンチュウが他の2種のネグサレセンチュウ、ネコブセンチュウに比べて薬剤

感受性が低いことを明らかにした。キタネグサレセンチュウに対する薬剤防除効果が低いことが各地で目立っているが、これを実験的に証明した例はきわめて少なく、筆者により、線虫の薬剤感受性の比較を、土壌を介さずに線虫を脱脂綿球に封入し薬剤でくん蒸する新たな方法で可能にした。土壌くん蒸もあわせて行ったが、その結果、キタネグサレセンチュウはクルミネグサレセンチュウとサツマイモネコブセンチュウよりもD-Dに対して強く、特にその成虫と中老齢幼虫が強かった。一方、EDBとDBCPは、キタネグサレセンチュウに対する効力がD-Dよりもさらに低いことを明らかにした。しかし、カーバム剤が卓効を示し、また、dichloropropeneを主体とする薬剤も比較的有效であった。これらのことは、薬剤による線虫防除の実用場面で特に留意すべき知見である。

第4章では、キタネグサレセンチュウに対する薬剤防除法について検討した。D-D、EDB、DBCPの主要3薬剤の中では、D-Dの効果が総じてすぐれ、10a54ℓ以上が特に良好であった。また、カーバム剤やディ・トラベックスもすぐれた。なお、現地圃場でもD-D、EDBはネコブセンチュウ防除での基準薬量（10a20~30ℓ）では効果が低い事例がみられ、このことによっても第3章で明らかにしたキタネグサレセンチュウの強い薬剤耐性が裏づけられている。しかし、D-Dの無耕起処理は、ガスを土壌中に長く滞留させ、防除効果を高めることがわかった。以上のことから薬剤や処理法の選択がキタネグサレセンチュウの薬剤防除上まず必要なことになる。

第5章では、対抗植物マリーゴールドの防除への利用について検討し、実用性を確かめ、実用化に成功した。特にマリーゴールドをダイコンの前作であるスイカの間作として導入することを考え、その場合の品種、栽植距離、施肥量などの検討から、アフリカン種を50~60cm間隔に定植するのが防除効果は高く、競合によるスイカの減収も避けられることがわかった。一方、野性マリーゴールドのメキシカン種は、その全面栽植による防除効果が高く、しかもこの植物は茎葉重が多いことから、緑肥植物としての利用を提唱した。キタネグサレセンチュウの対抗植物の利用は、第4章の薬剤防除とともに、線虫の総合防除の有力な柱として位置づけられる。

摘 要

1. キタネグサレセンチュウの加害による三浦ダイコ

ンの被害は、年々増加の傾向にあり、ダイコン栽培上重要な障害となっている。三浦ダイコンだけではなく県下各地のダイコンに同じ被害が発生し、全国的にも発生は増加している。

2. ダイコンの被害症状は、最初肥大根の表面に生ずる不正形の白斑で、進行すると中心部が星形に裂壊する。さらに線虫高密度圃場では、寸づまりや股ダイコンなどの奇形根を生ずる。著しい高密度な場合を除き、線虫の根部寄生が地上部の生育や収量に及ぼす影響は大きいとはいえない。

3. ダイコンの作型別に線虫被害、寄生状況をみると、春播きダイコン(時無、美濃早生)では白斑が多く、収穫時の土壤中線虫密度も播種前より大幅に増加した。夏播きダイコン(美濃早生)では8月下旬に白斑が生じ、収穫時に激増した。秋播きダイコン(都)の病徴発現は、播種より1ヵ月半経過した11月上旬で以後漸増し、収穫時(1~2月)の土壤中線虫密度は播種前とはほぼ同程度になった。

4. 線虫加害をダイコンの品種間で比較すると、春播きダイコンの2品種(時無、美濃早生)は被害が同程度、秋播きの3品種(都、練馬、宮重)では宮重がやや多く、白斑は鮮明な大型であった。都系三浦ダイコンを対照として比較した9品種のうち、亀戸と宮重の被害が多く、聖護院は少なかった。

5. ダイコン肥大根上の病徴発現までの日数を収穫ダイコンで調査(2~4月、室温)すると、線虫の細根への侵入はダイコンを土壤中に埋没後10日目ころ、肥大根での病徴発現は20日後に認められた。また、白斑はごくわずかで大部分が褐点や乾腐状の黒褐色病斑であった。白斑が生じないのは、根の老化により線虫防御反応が低下したためと考えられる。

6. 播種前の土壤中線虫密度と収穫時ダイコンの被害の間には相関が認められ、線虫密度が高いと収量もやや低下した。ポットの著しい高密度土壌では茎葉重が少なく、根部の肥大がかなり抑制された。

7. ニンジンの線虫被害は、肥大根の寸づまりと加害部からの細根の叢生であるが、被害は長ニンジンで大きく、短根ニンジンでは目立たない。両系統間で比較すると、短根ニンジンは長ニンジンよりも症状が軽く寄生程度も低かった。

8. ジャガイモでは、線虫の細根への寄生が塊茎の収量を低下させ、被害ははっきりしている。塊茎にも線虫侵入を認めたが寄生数は少なく、イモの貯蔵中に増殖しなかった。サツマイモでは特徴ある病斑を細根に

認めたが、塊根部は正常で減収はなかった。

9. キャベツは一般に線虫寄生による病徴が不明瞭で、ポットと圃場試験とも収量への影響はなかった。しかし、著しい高密度では根に褐変が明らかで、地上部も生育はおさえられた。レタスでは根に褐変が明瞭で、高密度では収量が低下する傾向がみられた。

10. トマトは線虫の寄生で、根にははっきりした紡錘形の褐変がみられ、苗植では高密度土壌でも茎葉重、収量に差がなかった。しかし、直播きでは地上部は生育がおさえられた。インゲンマメはキタネグサレセンチュウの好寄主で、ポットの高密度土壌では根部の褐変がひどいが、地上部の生育はよく収量も変りなかった。

11. 線虫の寄生によって形成される作物の病斑には相違がみられ、病斑が全く認められない場合(ユリ科)、はっきりした病斑を形成する場合(マメ科、ナス科)、病斑と健全部との境がはっきりしない場合(ウリ科、アブラナ科、セリ科)の三つに大別される。キク科、セリ科、ユリ科およびマメ科(特にインゲンマメ)は概してキタネグサレセンチュウの好寄主であった。

12. 線虫のキャベツでの増殖適温は25℃前後で、30℃では増殖はおさえられる。15℃でも増殖はおさえられるが、線虫の侵入はかなり活発である。

13. 線虫は2~5℃の水中で30日間生存でき、210日後でもわずかながら生存した。15℃では60日後にかなり減り、180日ではわずか、210日まで生存しなかった。25℃では60日でわずかになり、120日まで生存しなかった。

14. ポリエチレン袋の土壌中で、線虫は2~5℃で5年間生存し、温度がこれより高いと早く死亡し、15℃では3年5ヵ月、25℃では1年9ヵ月であった。屋外では2年9ヵ月生存した。キタネグサレセンチュウは無寄主の条件でも土壌中で長く生きられる。

15. 線虫は低温に強く、0℃は生存に影響を及ぼさなかった。-5℃の39日間でもわずかながら生存していた。-10℃以下では短時間で死亡するようである。

16. 栽培植物や雑草など48科177種のうち4種が非寄主であった。特に良好な寄主はインゲンマメ、ゴボウ、シュンギク、フキ、レタス、オクラ、ネギ、タマネギなどであった。

17. 線虫の発生は砂質土壌で多く、粘質土壌で少なかった。

18. 線虫を脱脂綿球に封入し、密閉容器内でくん蒸する新しい手法により線虫の薬剤感受性を比較すると、キタネグサレセンチュウ成、幼虫はサツマイモネコブ

った。
徴が不明瞭で、
なかった。しか
で、地上部も
易変が明瞭で、
た。
りした紡錘形
も茎葉重、収
地上部は生育
グサレセンチ
は根部の褐変
変りなかった。
の病斑には相
合(ユリ科)、
科、ナス科)、
合(ウリ科、
る。キク科、
ゲンマメ)は
であった。
前後で、30℃
はおさえられ
でき、210日後
日後にかなり
存しなかった。
生存しなかつ
2〜5℃で5
死亡し、15℃
うった。屋外
センチュウは
。。
を及ぼさな
生存してい
である。
種が非寄主
、ゴボウ、
、タマネギ
壤で少な
でくん蒸す
較すると、
イモネコブ

センチュウよりもD-Dに強く、中老齢幼虫のLD₅₀、
LD₉₅は2.5〜3.5倍、若齢幼虫は1.6〜1.7倍であった。
また、クルミネグサレセンチュウと比べてもD-D耐
性が強かった。
19. キタネグサレセンチュウとクルミネグサレセン
チュウのDBCP感受性を脱脂綿球に線虫を封入する方
法で比較し、キタネグサレセンチュウはLD₅₀で4倍、
LD₉₅で1.9倍強かった。
20. 同じ土壌のキタネグサレセンチュウとクルミネグ
サレセンチュウを密閉容器内でくん蒸し、D-D感受
性を比較すると、キタネグサレセンチュウは顕著に低
かった。
21. キタネグサレセンチュウとサツマイモネコブセン
チュウの土壌を混和しガラス容器につめ、D-D、E
DB、DBCPくん蒸による防除効果を比較し、キタ
ネグサレセンチュウの方が薬剤に強く、EDBとDB
CPはキタネグサレセンチュウに対しD-Dよりも効
果は劣った。
22. キタネグサレセンチュウに対しNCS、ペーバム
は最も効果が高く、次いでテロン、ドーロンが有効、
D-Dはこれに次ぐが、EDB、DBCPは効果が劣
った。
23. 線虫に対し有効な防除薬剤として、D-D、ED
B、DBCPのうちではD-Dの効果が高く、10a当
たり54ℓが安定した。
24. NCS、ペーバムなどのガーバム剤およびディ
トラベックスは線虫にすぐれた効果を示したが、根が
奇形になる薬害を生じやすい。テロン、ネマクロベン
も有効であった。
25. NCS、EDBの効果は、4作目(2年目)まで
持続することが認められた。
26. D-Dの無耕起処理は効果が高く、薬剤の処理間
隔(通常30cm)は狭い方(20cm)が効果が高い。
27. アフリカンマリーゴールド(*Tagetes erecta*)、
フレンチマリーゴールド(*Tagetes patula*)およびF₁
種の29品種のキタネグサレセンチュウ防除効果は、ア
フリカンマリーゴールドの3品種を除き、いずれも顕
著であった。3品種はエローシュープリーム、キュー
ビットエロー、キュービットオレンジで、いずれも線
虫侵入による根の褐変がみられ、その部分に成虫、幼
虫および卵を認め増殖がみられた。
28. 土壌中の線虫密度は、マリーゴールドの栽植日数
に伴って急激に低下する。この間に根内の密度がやや
増加の傾向があるが、播種後80〜100日ころには根内

および土壌中の線虫密度も安定した低密度となること
から、約3ヵ月の栽培期間が必要と考えられる。
29. ポットにマリーゴールドを栽培したあと、線虫の
好寄主であるインゲンマメ、トマト、ダイコンを輪作
したが、700日以上経過しても線虫密度は増加しなかつ
た。
30. ポットにマリーゴールドを単植またはトマトと同
株混植すると、線虫防除効果は単植の方が高いが、混
植でもトマトの寄生密度は低く、土壌中の線虫密度を
下げる効果がはっきりした。
31. α -terthienylの多量施用は土壌中のネコブセンチ
ュウ密度を効果的におさえ、マリーゴールド(花)粉
末の多量施用でも急激に線虫密度は低下した。
32. 圃場でマリーゴールド単作またはスイカとの混植
の線虫防除効果は、前者は特に顕著で混植もまた実用
的に高い効果がある。
33. スイカと混植するマリーゴールドは、高性種を50
×50cm(4,000株/10a)〜60×60cm(2,780株/10a)
の間隔で、適時にせん定しながらスイカとの競合を避
ける方法がよい。
34. スイカとの混植栽培での施肥量は、スイカの慣行
施肥量では不足なので追肥によって補う。また、樹皮
堆肥10a当たり400kg以上を施用すると、ダイコンの線
虫被害が軽減される。
35. 野性マリーゴールド(メキシカンマリーゴールド)
の50×60cm全面栽植は効果が高く、後作ダイコンの被
害を減らし有効であった。

引用文献

- 1) 安部 浩(1973) キタネグサレセンチュウを主と
したボタン根寄生線虫の生態と防除に関する研究。
島根農試研報, 11: 74-99.
- 2) ACEDO, J.R. & ROHDE, R.A. (1968) Lesion nem-
atode injury to cabbage. *Nematologica* 14: 1.
- 3) ACEDO, J.R. & ROHDE, R.A. (1971) Histochemi-
cal root pathology of *Brassica oleracea capitata* L.,
infected by *Pratylenchus penetrans* (COBB). FILIPJEV
and SCHUURMANS STEKHOVEN (Nematode: Tylen-
chidae). *J. Nematol.* 3: 62-68.
- 4) BERGESON, G.B. (1959) The influence of tem-
perature on the survival of some species of the
genus *Meloidogyne*, in the absence of a host.
Nematologica 4: 344-354.
- 5) BERNARD, E.C. & LAUGHLIN, C.W. (1976)

- Relative susceptibility of selected cultivars of potato to *Pratylenchus penetrans*. J. Nematol. **8**: 239-242.
- 6) *BERG-SMIT, J.V.D. (1953) Over het wortelrot bij narcissen. Weekblad Bloembollencultuur No. 93/94.
- 7) CHAPMAN, R.A. (1958) The effect of root-lesion nematodes on the growth of red clover and alfalfa under greenhouse conditions. Phytopathology **48**: 525-530.
- 8) 近岡一郎・片木尚寿 (1964) ダイコンのネグサレセンチュウの季節的消長ならびに防除効果. 関東病虫研報. **11**: 103-104.
- 9) 近岡一郎 (1966 a) ネグサレセンチュウの殺線虫剤感受性. 1 キタネグサレセンチュウとクルミネグサレセンチュウのD-D感受性. 応動昆. **10**: 163-164.
- 10) 近岡一郎・岡山 勇 (1966 b) ダイコンのキタネグサレセンチュウについて. (第2報) 薬剤防除とくにNCSの効果. 関東病虫研報. **13**: 135.
- 11) 近岡一郎・浅見 宏・相原次郎・竹沢秀夫 (1967) ダイコンのキタネグサレセンチュウについて. 第3報 NCSの施用量と効果. 関東病虫研報. **14**: 140.
- 12) 近岡一郎・水沢芳名 (1969) ダイコンのキタネグサレセンチュウについて. 第6報 ネコブセンチュウとの薬剤感受性比較. 関東病虫研報. **16**: 140.
- 13) 近岡一郎 (1970) イチゴを被害するクルミネグサレセンチュウ (*Pratylenchus vulnus*) の防除に関する研究. 神奈川農総研報. **109**: 61-77.
- 14) 近岡一郎・大林延夫・椎名清治 (1971) 三浦ダイコンを被害するキタネグサレセンチュウの総合防除に関する研究. 神奈川県農業試験研究機関共研報. **2**: 50 pp.
- 15) 近岡一郎・竹沢秀夫 (1975) キタネグサレセンチュウの雑草における寄生. 関東病虫研報. **22**: 136.
- 16) 近岡一郎 (1976) ダイコンを被害するネグサレセンチュウに関する研究. 神奈川農総研報. **116**: 35-43.
- 17) 近岡一郎 (1977) キタネグサレセンチュウ (*Pratylenchus penetrans*) の土壤中における生存. 日線虫研誌. **7**: 45-48.
- 18) 近岡一郎 (1979) キタネグサレセンチュウ (*Pratylenchus penetrans*) の寄主植物. 日線虫研誌. **9**: 49-53.
- 19) 近岡一郎・竹沢秀夫・阿久津四良 (1980) マリーゴールド栽培によるコガネムシの防除効果. 関東病虫研報. **27**: 136.
- 20) CORBETT, D.C.M. (1973) *Pratylenchus penetrans*. C.I.H. Descriptions of Plant Parasitic Nematodes **2**, No. 25 4 pp.
- 21) DAULTON, R.A.C. & CURTIS, R.F. (1963) The effects of *Tagetes* spp. on *Meloidogyne javanica* in southern Rhodesia. Nematologica **9**: 357-362.
- 22) DICKERSON, O.J., DARLING, H.M. and GRIFFIN, G.D. (1964) Pathogenicity and population trends of *Pratylenchus penetrans* on potato and corn. Phytopathology **54**: 317-322.
- 23) ENDO, B.Y. (1959) Responses of root-lesion nematodes, *Pratylenchus brachyurus* and *P. zaeae*, to various host plants and soil types. Phytopathology **49**: 417-421.
- 24) EVANS, A.A.F. & THOMASON, I.J. (1971) Ethylene dibromide toxicity to adults, larvae and moulting stages *Aphelenchus avenae*. Nematologica **17**: 243-254.
- 25) FERRIS, J.M. (1960) Effect of storage temperatures on survival of plant parasitic nematodes in soil. Phytopathology **50**: 635.
- 26) FRANKLIN, M.T. (1937) The survival of free larvae of *Heterodera schachtii* in soil. J. Helminth. **15**: 69-74.
- 27) FRENCH, N. & BARRACLOUGH, R.M. (1962) Survival of *Aphelenchoides ritzemabosi* (SCHWARTZ) in soil and dry leaves. Nematologica **7**: 309-316.
- 28) GOLDEN, A.M. & SHAFFER, T. (1960) Survival of emerged larvae of the sugar-beet nematode (*Heterodera schachtii*) in water and in soil. Nematologica **5**: 32-36.
- 29) GORING, G.A.I. (1958) 石橋信義 (1960) 訳 土壌燻蒸の理論. 農林省. 87 pp.
- 30) 後藤 昭 (1961) 殺線虫剤とその施用上の問題点. 4 ネグサレセンチュウ防除の事例 応動昆 **5** 回大会シンポジウム: 46-48.
- 31) 後藤 昭・大島康臣 (1964) ネグサレセンチュウの薬剤防除について. 九州病虫研報. **10**: 41-43.
- 32) 後藤 昭・佐野善一 (1971) 殺線虫剤の室内検定法としての密閉容器内土壌くん蒸法の検討. 九州病虫研報. **17**: 81-84.

- 33) 後藤 昭 (1974) 本邦におけるネグサレセンチュウ *Pratylenchus* spp. の地理的分布, 九州農試報告, **17**: 139—224.
- 34) 後藤重喜 (1956) じゃがいもいもぐされ線虫について, 植物防疫, **10**: 153—156.
- 35) 後藤重喜 (1964) 甘藷根ぐされ線虫病の防除に関する調査研究, 宮崎農試研報, **5**: 1—121.
- 36) GRAY, R.A. (1962a) Rate of Vapam decomposition in different soils and other media. *Phytopathology* **52**: 734.
- 37) GRAY, R.A. & STREIM, H.G. (1962b) Identification of a nonvolatile phytotoxic impurity in Vapam and preventing its formation. *Phytopathology* **52**: 734.
- 38) 萩谷俊一・三井 康 (1977) 3種ネグサレセンチュウの接種頭数とニンジンの被害, 日線虫研誌, **7**: 78—79.
- 39) HARRISON, B.D. & HOOPER, D.J. (1963) Longevity of *Longidorus elongatus* (de MAN) and other nematodes in soil kept in polyethylene bags. *Nematologica* **9**: 158—160.
- 40) HEALD, C.M., JR. (1963) Pathogenicity of *Pratylenchus penetrans* to zinnia and garden balsam. *Plant Dis. Repr.* **47**: 269—271.
- 41) 東 晃 (1954) 北海道の土壤凍結, 農業物理研究 **3** 輯: 145—157.
- 42) 引地直至 (1974) マリーゴールド利用によるモモの土壤線虫類防除について, 応動昆18回大会講要: 366.
- 43) HOESTRA, H. & OOSTENBRINK, M. (1962) Nematodes in relation to plant growth. IV *Pratylenchus penetrans* (COBB) on orchard trees. *Neth. J. Agric. Sci.* **10**: 286—296.
- 44) 星野三男・谷中清八・尾田啓一・熊沢隆義 (1963) ネグサレセンチュウに対するE D Bの効果, 関東病虫研報, **10**: 78.
- 45) 一戸 稔・中園和年・岡本好一 (1963) 牧草・飼料作物の線虫, 植物防疫, **17**: 449—452.
- 46) 稲垣春郎・古山三郎・笠野秀雄・桜井 清 (1972) はっかの線虫に関する研究, 第1報 はっかは場における線虫の発生と被害, ならびに生態, 北農試彙報, **100**: 48—57.
- 47) 井上 敏・菅野信夫 (1970) マリーゴールド混植によるネグサレセンチュウ防除試験, 1 スギ苗畑における混植の効果, 応動昆14回大会講要: 48—49.
- 48) 稲生 稔・谷 芳明 (1969) ゴボウの「ヤケ症状」およびネグサレセンチュウ防除について, 関東病虫研報, **16**: 141.
- 49) 石川元一・高野光之丞 (1963) ニンジンのネグサレセンチュウ防除, 関東病虫研報, **10**: 77.
- 50) JAFFEE, B.A. & MAI, W.F. (1979) Growth reduction of apple seedlings by *Pratylenchus penetrans* as influenced by seedling age at inoculation. *J. Nematol.* **11**: 161—165.
- 51) JENSEN, H.J. (1953) Experimental greenhouse host range studies of two root-lesion nematodes, *Pratylenchus vulnus* and *Pratylenchus penetrans*. *Plant Dis. Repr.* **37**: 384—387.
- 52) KABLE, P.F. & MAI, W.F. (1968) Influence of soil moisture on *Pratylenchus penetrans*. *Nematologica* **14**: 101—122.
- 53) 金子晃三・大林延夫・戸塚 武・近岡一郎 (1973) タイコンのキタネグサレセンチュウに対するマリーゴールドの効果, とくに間作としての導入法, 関東病虫研報, **20**: 153.
- 54) 川島嘉内 (1962) *Pratylenchus penetrans* による薬用ニンジンの被害について, 北日本病虫研報, **13**: 129—130.
- 55) 川島嘉内 (1963) 薬用ニンジンの *Pratylenchus penetrans* に関する研究, 薬剤に対する抵抗について, 北日本病虫研報, **14**: 165—166.
- 56) 小林義明・深沢永光・佐藤 清 (1972) ネグサレセンチュウ (*Pratylenchus fallax* SEINHORST, 1968) によるニンジンの黒斑症状とその防除, 静岡農試研報, **17**: 21—30.
- 57) 小林義明・佐藤允通・万豆剛一 (1974) キクの連作障害に関与するネグサレセンチュウに関する研究, II キクの生育ならびに耐湿性に及ぼす線虫の影響, 日線虫研誌, **4**: 13—19.
- 58) 小林義明・菅沼正光・金指平二・石塚 健 (1975) マリーゴールドによる秋ギクのネグサレセンチュウの防除, 関東病虫研報, **22**: 133—134.
- 59) 小菅喜久弥 (1968) 切花用「トリカブト」のネグサレセンチュウの被害について, 関東病虫研報, **15**: 127—128.
- 60) 呉羽好三 (1961) 殺線虫剤とその施用上の問題点, 5 (2) 殺線虫剤施用時の畑状態と防除効果, 応動昆5回大会シンポジウム: 51—52.

- 61) LINFORD, M.B. & YAP, F. (1940) Some host plants of the reniform nematode in Hawaii. *Proc. Helminth. Soc. Wash.* **7**: 42—44.
- 62) 牧 良忠・山口福男 (1961) ネグサレセンチュウに関する研究. 第3報. 殺線虫剤による被害防除効果について. *兵庫農試研報.* **9**: 55—57.
- 63) 真宮靖治 (1969) 国有林苗畑における植物寄生線虫の分布—東日本の苗畑について—. *林試研報.* **219**: 95—119.
- 64) MAMIYA, Y. (1971) Effect of temperature on the life cycle of *Pratylenchus penetrans* on *Cryptomeria* seedlings and observations on its reproduction. *Nematologica* **17**: 82—92.
- 65) MILLER, P.M. (1968) The susceptibility of parasitic nematodes to sub-freezing temperatures. *Plant Dis. Repr.* **52**: 768—772.
- 66) MILLER, P.M. (1975) Effect of *Pratylenchus penetrans* on subsequent growth of tomato plants. *Plant Dis. Repr.* **59**: 866—867.
- 67) MITSUI, Y., YOKOZAWA, R. & ICHINOHE, M. (1975) Effect of temperature and pH on the propagation of *Pratylenchus* culturing with Alfalfa callus tissues. *Jap. J. Nematol.* **5**: 48—55.
- 68) MOJE, W. (1959) Structure and nematocidal activity of allylic and acetylenic halides. *J. Agric. Food Chem.* **7**: 702—707.
- 69) MOUNTAIN, W.B. & BOYCE, H.R. (1958) The peach replant problem in Ontario. V The relation of parasitic nematodes to regional differences in severity of peach replant failure. *Can. J. Botany* **36**: 125—134.
- 70) MOUNTAIN, W.B. & PATRICK, Z.A. (1959) The peach replant problem in Ontario. VII The pathogenicity of *Pratylenchus penetrans* (COBB, 1917) FILIP. & STEK. 1941. *Can. J. Botany* **37**: 459—470.
- 71) MYERS, R.F. (1979) Interaction of yield and nutritional status of tomatoes with *Pratylenchus penetrans*. *J. Nematol.* **11**: 308—309.
- 72) 永沢 実・堀江典昭 (1963) ネグサレセンチュウに対する各種殺線虫剤の効果. *関東病虫研報.* **10**: 79.
- 73) 永沢 実・堀江典昭 (1965) ネグサレセンチュウの寄生性と被害. *東京農試特別報告.* **21**: 76—81.
- 74) 中園和年 (1973) マリーゴールドの栽培とニセフクロセンチュウ (*Rotylenchulus reniformis*) の個体数変化との関係. *日線虫研誌.* **3**: 38—41.
- 75) 西沢 務 (1958) 馬鈴薯いもくされ線虫について. *関西病虫研報.* **1**: 128.
- 76) 西沢 務・弥富喜三・石上孔一 (1968) キタネグサレセンチュウによるフキの被害とその治療的防除について. *関西病虫研報.* **10**: 120.
- 77) 西沢 務 (1975) *Paratrichodolus (Atlantadolus) porosus* の形態および生態に関する知見. *日線虫研誌.* **5**: 26—31.
- 78) 野津六兵衛 (1940) 桑線虫防除に関する試験研究成果. *島根蚕糸特別報告.* 95 pp.
- 79) NUSBAUM, C.J. (1962) Winter survival of four species of *Meloidogyne* in North Carolina. *Phytopathology* **52**: 23.
- 80) 岡田利承・森 哲郎 (1963) 土壤燻蒸剤の拡散に関する研究. 第1報. 土壤中におけるDDの拡散とダイズシストセンチュウに対する防除範囲. *北農試彙報.* **82**: 1—7.
- 81) 岡本好一・西沢 務・千本木市夫・高橋兼一 (1979) エンドウの初期生育に及ぼすネコブセンチュウおよびネグサレセンチュウの影響. *関東病虫研報.* **26**: 141—143.
- 82) OLTHOF, T.H.A. & POTTER, J.W. (1973) The relationship between population densities of *Pratylenchus penetrans* and crop losses in summer-maturing vegetables in Ontario. *Phytopathology* **63**: 577—582.
- 83) OMIDVAR, A.M. (1962) The nematocidal effects of *Tagetes* spp. on the final population of *Heterodera rostochiensis* WOLL. *Nematologica* **7**: 62—64.
- 84) 大羽克明・藤田祐輔 (1978) ディ.トラベックスのネコブセンチュウに対する有効防除範囲. *日線虫研誌.* **8**: 53—54.
- 85) 大林延夫・近岡一郎 (1971) キタネグサレセンチュウの防除と密度復元抑制に関する試験. *応動昆15回大会講要*: 32.
- 86) 大林延夫・近岡一郎 (1973a) マリーゴールド利用によるキタネグサレセンチュウの防除法について. *応動昆17回大会講要*: 138.
- 87) 大林延夫・近岡一郎 (1973b) マリーゴールド利用によるダイコンのキタネグサレセンチュウ防除法に関する研究. *神奈川園研報.* **21**: 91—102.

- 88) 大林延夫・平石雅之 (1979) 薬剤の土壌処理がダイコンの横縞症発生におよぼす影響. 神奈川園研報. **26**: 52—59.
- 89) OOSTENBRINK, M. (1957) An inoculation trial with *Pratylenchus penetrans* in potatoes. *Nematologica* **3**: 30—33.
- 90) OOSTENBRINK, M., KUIPER, K. & S'JACOB, J.J. (1957a) *Tagetes* als feindpflanzen von *Pratylenchus*-Arten. *Nematologica* **2**, suppl.: 424—433.
- 91) OOSTENBRINK, M., S'JACOB, J.J. & KUIPER, K. (1957b) Over de waardplanten van *Pratylenchus penetrans*. *Tijdschr. Pl. ziekten*. **63**: 345—360.
- 92) OOSTENBRINK, M. (1961) Nematodes in relation to plant growth. III *Pratylenchus penetrans* (COBB) in tree crops, potatoes and red clover. *Neth. J. Agric. Sci.* **9**: 188—209.
- 93) OYEKAN, P.O., BLAKE, C.D. & MITCHELL, J.E. (1972) Histopathology of pea roots axenically infected by *Pratylenchus penetrans*. *J. Nematol.* **4**: 32—35.
- 94) PARKER, K.G. & MAI, W.F. (1956) Damage to tree fruits in New York by root lesion nematodes. *Plant Dis. Repr.* **40**: 694—699.
- 95) PITCHER, R.S., PATRICK, Z.A. & MOUNTAIN, W.B. (1960) Studies on the host-parasite relations of *Pratylenchus penetrans* (COBB) to apple seedlings. I Pathogenicity under sterile conditions. *Nematologica* **5**: 309—314.
- 96) POTTER, J.W. & OLTHOF, T.H.A. (1977) Analysis of crop losses in tomato due to *Pratylenchus penetrans*. *J. Nematol.* **9**: 290—295.
- 97) RASKI, D.J., HEWITT, W.B., GOHEEN, A.C., TAYLOR, C.E. & TAYLOR, R.H. (1965) Survival of *Xiphinema index* and reservoirs of fanleaf virus in fallowed vineyard soil. *Nematologica* **11**: 349—352.
- 98) ROBBING, R.T., DICKERSON, O.J. & KYLE, J.H. (1972) Pinto bean yield increased by chemical control *Pratylenchus* spp. *J. Nematol.* **4**: 28—32.
- 99) ROHDE, R.A. (1963) Lesion nematode injury to carrot. *Phytopathology* **53**: 886—887.
- 100) 桜井 清・湯原 敏・山田英一 (1962) ゴボウに発生したネグサレセンチュウとその防除. 北日本病虫研報. **13**: 179—180.
- 101) 佐野善一・後藤 昭 (1972 a) 線虫の薬剤感受性実験法としての薬液浸漬法の検討. 九州病虫研報. **18**: 1—6.
- 102) 佐野善一・後藤 昭 (1972 b) 線虫の薬剤感受性. 日線虫研誌. **2**: 6—11.
- 103) 佐野善一 (1976) ネコブセンチュウ 3 種幼虫の E D B 感受性. 日線虫研誌. **6**: 24—26.
- 104) SAYRE, R.M. (1963) Winter survival of root-knot nematodes in southwestern Ontario. *Can. J. Plant Sci.* **43**: 361—364.
- 105) SAYRE, R.M. (1964) Cold-hardiness of nematodes. I Effects of rapid freezing on the eggs and larvae of *Meloidogyne incognita* and *M. hapla*. *Nematologica* **10**: 168—179.
- 106) 柴本 精・萩原博司・藤沢恒夫 (1980) マリーゴールドによるレタスのキタネグサレセンチュウ防除効果. 関東病虫研報. **27**: 172—173.
- 107) 清水 啓・後藤 昭 (1979) サツマイモネコブセンチュウおよびキタネグサレセンチュウの各種作物における寄生性. 関東病虫研報. **26**: 139—140.
- 108) 下川三男・牛山欽司 (1960) ネグサレセンチュウ (*Pratylenchus* sp.) の一種によるイチゴの黒色根腐について. 神奈川農試園芸分場研報. **8**: 54—59.
- 109) SLEETH, B. & REYNOLDS, H.W. (1955) Root-knot nematode infestation as influenced by soil texture. *Soil Sci.* **80**: 459—461.
- 110) SLOOTWEG, A.F.G. (1956) Rootrot of bulbs caused by *Pratylenchus penetrans* and *Hoplolaimus* spp. *Nematologica* **1**: 192—201.
- 111) STEINER, G. (1941) Nematodes parasitic on and associated with roots of marigolds (*Tagetes* hybrids). *Proc. Biol. Soc. Wash.* **54**: 31—34.
- 112) 田中 勇・福富信明・木原富子 (1970) 寄主植物の存在しない状態におけるサツマイモネコブセンチュウ (*Meloidogyne incognita*) の寄生性の存続. 鹿児島たばこ試報. **16**: 1—15.
- 113) TARJAN, A.C. (1960) Some effects of African marigold on the citrus burrowing nematode, *Radopholus similis*. *Phytopathology* **50**: 577.
- 114) 富田一郎 (1964) マリーゴールドの殺線虫成分の化学構造と作用機構. 植物防疫. **18**: 345—349.
- 115) 東京都農業試験場 (1959) 昭和33年度植物寄生性土壌線虫に関する研究. (とうろく).
- 116) 東京都農業試験場 (1960) 昭和34年度土壌病害虫防除改善試験成績. (とうろく).

- 117) 東京都農業試験場 (1961) 昭和35年度上壤病害虫防除改善試験成績, (とう写).
- 118) 東京都農業試験場 (1963) 昭和37年度病害虫試験成績書, (とう写).
- 119) TOWNSHEND, J.L. (1963a) The pathogenicity of *Pratylenchus penetrans* to celery. Can. J. Plant Sci. **43** : 70—74.
- 120) TOWNSHEND, J.L. (1963b) The pathogenicity of *Pratylenchus penetrans* to strawberry. Can. J. Plant Sci. **43** : 75—78.
- 121) TOWNSHEND, J.L. & WEBBER, L.R. (1971) Movement of *Pratylenchus penetrans* and the moisture characteristics of three Ontario soils. Nematologica **17** : 47—57.
- 122) TOWNSHEND, J.L. (1972) Influence of edaphic factors on penetration of corn roots by *Pratylenchus penetrans* and *P. minyus* in three Ontario soils. Nematologica **18** : 201—212.
- 123) TOWNSHEND, J.L. (1973) Survival of *Pratylenchus penetrans* and *P. minyus* in two Ontario soils. Nematologica **19** : 35—42.
- 124) TURNER, N.J., CORDEN, M.E. & YOUNG, R.A. (1962) Decomposition of Vapam in soil. Phytopathology **52** : 756.
- 125) TURNER, N.J. & CORDEN, M.E. (1963) Decomposition of Sodium N-methyldithiocarbamate in soil. Phytopathology **53** : 1388—1394.
- 126) *TYLER, J. (1938) Proceedings of the root knot nematode conference held Atlanta, Georgia, Feb. 4, 1938. Plant Dis. Repr. suppl. **109** : 133—151.
- 127) 内田貞雄・臼井嘉明・近岡一郎 (1965) イチゴのネグサレセンチュウについて, 第2報 防除について, 関東病虫研報, **12** : 104.
- 128) 上村道雄 (1979) 野菜作における対抗植物導入による土壌線虫対策, 農及園, **54** : 1503—1508.
- 129) UHLENBROEK, J.H. & BIJLOO, J.D. (1958) Investigations on nematocides. I Isolation and structure of a nematocidal principle occurring in *Tagetes* roots. Rec. Trav. chim. Pays Bas. **77** : 1004—1009.
- 130) UHLENBROEK, J.H. & BIJLOO, J.D. (1959) Investigations on nematocides. II Structure of a second nematocidal principle isolated from *Tagetes* roots. Rec. Trav. chim. Pays Bas. **78** : 382—390.
- 131) VAN GUNDY, S.D., BIRD, A.F. & WALLACE, H.R. (1967) Aging and starvation in larvae of *Meloidogyne javanica* and *Tylenchulus semipenetrans*. Phytopathology **57** : 559—571.
- 132) WINOTO SUATMAJII, R. (1969) Studies on the effect of *Tagetes* species on plant parasitic nematodes. H. Veenman & Zonen N.V. 132 pp.
- 133) 八嶽利助 (1961) 農業物理学, 養賢堂, 256 pp.
- 134) 山田英一 (1966) キタネグサレセンチュウの寄主作物について, 北日本病虫研報, **17** : 100.
- 135) 山田英一 (1967) キタネグサレセンチュウによるリンゴ幼木の被害, 北日本病虫研報, **18** : 125.
- 136) 山口福男 (1959) ネグサレセンチュウの一種 (*Pratylenchus* sp.) によるニンジンの被害, 植物防疫, **13** : 257—259.
- 137) 山口福男・牧 良忠 (1960) ネグサレセンチュウ (*Pratylenchus* sp.) に関する研究, 第2報 ニンジンのネグサレセンチュウについて, 兵庫農試研報, **8** : 59—63.
- 138) 山口福男 (1961) ニンジンのネグサレセンチュウ (*Pratylenchus* sp.) とその防除について, 関西病虫研報, **3** : 70.
- 139) 野菜試験場 (1979) 研究資料第6号 ダイコンの生育障害の名称, 48 pp.
- 140) 横尾多美男 (1962) 日本産ネグサレセンチュウ類の分類並びに生態に関する調査, 佐賀大学農学彙報 **14** : 161—216.
- 141) 吉田睦敏・北村平次郎・小林義明 (1975) 静岡県に発生したネグサレセンチュウによるダイコンの被害とその防除, 関東病虫研報, **22** : 132.
- 142) 湯原 巖 (1971) クロタラリアおよびマリーゴールドの根, 茎葉粉末の土壌施用がキタネグサレセンチュウの密度におよぼす影響, 北日本病虫研報, **22** : 62.

• 印 間接引用

**Studies on the Damage of Crops by the Root
Lesion Nematode, *Pratylenchus penetrans*
COBB, and Control Measures Especially by
the Utilization of Marigold (*Tagetes* Spp.).**

Ichiro CHIKAOKA

Summary

Pratylenchus penetrans, one of the most important root lesion nematodes distributing in the temperate zone of the northern hemisphere, is widespread from the central part of Honshû to Hokkaido in Japan. The author has been investigating the damage and control of this nematode species since 1960. The results so far obtained are summarized as follows:

1. *Pratylenchus penetrans* causes serious damage to Japanese radish, *Raphanus sativus* L., which has a nation-wide reputation called "Miura-daikon" which means *Raphanus* or "Daikon" produced from Miura region, Kanagawa prefecture. This damage has been annually increasing, and consequently it has become difficult to maintain its production. Similar damage also occurs at other places in Kanagawa as well as in other prefectures.

2. The primary symptoms of Japanese radish caused by the nematode are characterized by minute, irregular-shaped, and whitish specks scattered on the root surface. Then, each of these specks develops asteriod cracking in the center. In addition, under a high nematode population level, there appears such malformation as divergent, cracked, or shortened roots. In general, development and yield of radish root was rarely suppressed except for under exceedingly high population levels.

3. Tests were attempted to clarify the relationships between damage caused by the nematode and cultural practices such as sowing time of radish. The spring sowing radish (Tokinashi and Minowase) resulted in heavier root symptoms and a higher nematode population level in soil at harvest time than that prior to sowing. The summer sowing radish (Minowase) induced a comparatively earlier occurrence of root symptoms in late August which became most severe at harvest time. The autumn sowing (Miyako) resulted in delayed appearance of root symptoms up to early November and gradual increase later on, and similar nematode population levels in soil at harvest time, i.e., January-February, as that prior to sowing.

4. The differences in susceptibility of radish varieties to the nematode were tested. No particular differences were recognized between two spring sowing varieties, "Tokinashi" and "Minowase", but among three autumn sowing varieties, "Miyashige" was more susceptible indicating larger and more distinctive white specks than other two, "Miyako" and "Nerima". By another comparison test with nine varieties, "Kameido" and "Miyashige" were found most susceptible, and "Shogoin" resistant.

5. The test with fully grown radish root translocated in a high nematode population soil proved the invasion of feeder roots by the nematode after 10 days, and also appearance of symptoms consisting of black spot lesions instead of white specks after 20 days at room temperature in February to April. The reason for very few white specks was considered that due to senile change of tissue

of the fully grown radish roots, nematode resistance was reduced.

6. Positive correlations were found between the nematode population level prior to sowing and the degree of damage of plant roots. Under a high nematode population level, decrease in yield occurs, but decrease in leaf and stem weight as well as suppression of root enlargement occur only under an exceedingly high population level.

7. Symptoms of carrot caused by the nematode was characterized by the shortened roots and fasciculation of hair roots from the portion where nematodes attacked. In general, long root cultivars suffer severer damage than short root cultivars which also show slighter symptoms and lower nematode population level in roots.

8. Potato roots were infested by the nematodes and reduced yield of tubers where only smaller number of nematodes were observed to invade and fail to reproduce while in storage. Reversely, potted sweet potato indicated distinctive symptoms of root but no symptoms nor yield loss of root tubers.

9. The symptoms of cabbage caused by the nematodes were inconspicuous in general, and only smallest yield loss was observed by pot and field tests. Under an exceedingly high population level, brownish discoloration of cabbage roots were characterized and above-ground growth was also suppressed. Lettuce demonstrated brownish discoloration of roots, and decrease in yield was evident when nematode population was high.

10. Infestation of the tomato roots by the nematodes caused conspicuous spindle-shaped brownish discoloration of roots, but transplanting of seedlings hardly caused yield loss even under a high nematode population level. Direct-sowing of tomato, however, caused suppression of the above-ground part growth. Kidney bean was found a good host of *Pratylenchus penetrans*, and the damage of roots was severe and extensive under high population level, although the growth and yields were hardly reduced.

11. There are three plant groups depending on their symptoms caused by *Pratylenchus penetrans*. They are: a plant group including onion and welsh onion of Liliaceae which shows no characterized lesions on roots, second plant group of Leguminosae and Solanaceae with conspicuous and independent lesions, and third plant group of Cucurbitaceae, Cruciferae and Umbelliferae which has lesions without distinct boundary. Plant species belonging to Compositae, Umbelliferae and Liliaceae, and kidney bean of Leguminosae were mainly good hosts of *Pratylenchus penetrans*.

12. Optimum temperature for reproduction of *Pratylenchus penetrans* on cabbage was found to be approximately 25°C. The reproduction was suppressed at 15 and 30°C, although invasion of the root by the nematode became active at as low as 15°C.

13. *Pratylenchus penetrans* was able to survive for about one month at 2-5°C in water, and few individuals survived even for more than 210 days. At 15°C, survival reduced remarkably after around 60 days, only few individuals survived after 180 days, and none of them survived for 210 days. At 25°C, few individuals survived after 60 days, but none survived after 120 days.

14. In a polyethylene bag containing naturally nematode-infesting soil, *Pratylenchus penetrans* survived for five years at 2-5°C, 41 months at 15°C, and 21 months at 25°C. Under outdoor conditions, the nematodes survived for 33 months. These tests proved that *Pratylenchus penetrans* was capable of surviving for fairly long period in soil without host plants.

15. *Pratylenchus penetrans* was so resistant to low temperature that 0°C did not affect the survival of the nematode. Even at -5°C, few individuals was able to survive for 39 days, although all of the nematodes died at -10°C.

16. Three species of *Tagetes* and nut grass were proved to be non-hosts of *Pratylenchus penetrans*

among 177 plant species covering 48 families tested. Excellent hosts of this nematode species are kidney bean, great burdock, garland chrysanthemum, Japanese butterbur, lettuce, okra, onion, welsh onion, and others.

17. Tests revealed that *Pratylenchus penetrans* was more prevalent in sandy soil than in clay soil.

18. *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus penetrans* were compared in susceptibility to D-D with a newly devised apparatus in which a cotton ball with nematode suspension was fumigated in an air-tight glass container. LD₅₀ and LD₉₅ of *Pratylenchus penetrans* larvae (middle- and old-aged) were 2.5 times and 3.5 times those of *Meloidogyne incognita* larvae, respectively, and also *Pratylenchus penetrans* was found more resistant to D-D than that of *Pratylenchus vulnus*.

19. *Pratylenchus penetrans* and *Pratylenchus vulnus* were compared in susceptibility to DBCP with an apparatus mentioned above, and LD₅₀ and LD₉₅ of the former species were 4 times and 1.9 times those of the latter species, respectively.

20. Another test to compare susceptibility to D-D between *Pratylenchus penetrans* and *P. vulnus* by fumigation of the similar soil type where each species had occurred, in an air-tight glass container, proved also that *P. penetrans* was more resistant than *P. vulnus*.

21. Differences in the effectiveness of D-D, EDB and DBCP against two species, *Pratylenchus penetrans* and *Meloidogyne incognita*, were compared. Two thoroughly mixed soils the nematodes had occurred were fumigated with each of nematicides in a glass container, and results were that *P. penetrans* was more resistant to any of nematicides tested than *M. incognita*, and that D-D was more effective on controlling *P. penetrans* than EDB or DBCP.

22. Pot tests proved that metam-ammonium (NCS) and metam-sodium (Vapam) were very effective to *Pratylenchus penetrans*. Telone or Dorlone (high content of dichloropropene, respectively) were also effective. The effectiveness of Telone and Dorlone was followed by D-D, but EDB and DBCP were found insufficient.

23. Field tests of nematicide application proved that effect of D-D treatment was most reliable than EDB or DBCP on *Pratylenchus penetrans*. A dosage of D-D 54 l per 10 a appeared most stable.

24. Carbamate compound such as NCS or Vapam, and Di-trapex (mixture of D-D and methylisothiocyanate) also effectively controlled the nematodes, although they were occasionally phytotoxic and malformation of roots divergent and shortened occurred. Telone and Nemachlopene (mixture of D-D and chloropicrin) gave good control.

25. Effect of NCS or EDB treatment was persistent during two years with four times of cropping.

26. D-D treatment without previous ploughing indicated better results than that of conventional post-ploughing treatment. Injection of 20 cm intervals demonstrated better control than conventional 30 cm intervals.

27. Pot tests indicated that 26 species of African marigold (*Tagetes erecta*), French marigold (*T. patula*), and *Tagetes* hybrids, effectively reduced the population level of *Pratylenchus penetrans*, but ineffective by three cultivars of African marigold, i.e., Cupid yellow, Cupid orange, and Yellow supreme, which roots showed brownish discoloration where harboured adults, larvae and eggs of *P. penetrans*.

28. Reduction in the population level of *Pratylenchus penetrans* in soil appeared in accordance with the growth period of *Tagetes*. This effect attributes the result of penetration of *Tagetes* roots by the nematodes which fail to develop after penetration. After 80 to 100 days from sowing of marigold, nematode population resulted in a comparatively low level.

29. Growing of kidney bean, tomato, or Japanese radish in pots where marigold had been grown indicated no increase in *Pratylenchus penetrans* population for at least 700 days.

30. Pot tests indicated that the effect of marigold on the population reduction was higher when marigold was mono-planted than co-planted with tomato, although even in the latter nematode population in tomato root as well as in soil was highly reduced.

31. It was found by pot tests that incorporation of 5% granule of α -terthienyl into soil at 2,000-5,000 ppm effectively reduced *Meloidogyne incognita* population, and that incorporation of ground flowers of marigold more than 4 t/10 a into soil rapidly reduced *Pratylenchus penetrans* population, although the effect of the latter was not evident at less than 1 t application.

32. Field tests proved that effect of mono-planted marigold on population reduction was remarkable, and that co-planting of marigold with water-melon was also practically successful.

33. The most effective co-planting of marigold with water-melon can be practiced in the following way. *Tagetes* of comparatively tall African cultivars is planted 50x50 cm or 60x60 cm, and water-melon is interplanted after additional fertilizer and mulching are applied for water-melon. Pruning of marigold was necessary at appropriate time to avoid competition between marigold and water-melon. After three to four months growing, the marigold is removed and the Japanese radish is sown as the second crop following water-melon.

34. In case of co-planting of marigold with water-melon, amount of fertilizer must be increased. It was found that application of bark manure more than 400 kg per 10 a heightened the effect of marigold co-planting.

35. Planting of Mexican marigold (*Tagetes minuta*) 50x60 cm was very effective to decrease the population level of *Pratylenchus penetrans*, and consequently the subsequent cultivation of Japanese radish was successful.

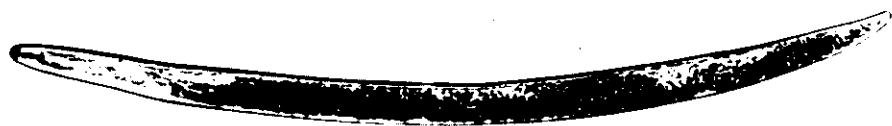


図1 キタネグサレセンチュウ成虫 (♀)



図2 キタネグサレセンチュウ成虫 (♂)



図3 低温保存した時、線虫体内に生じた空胞

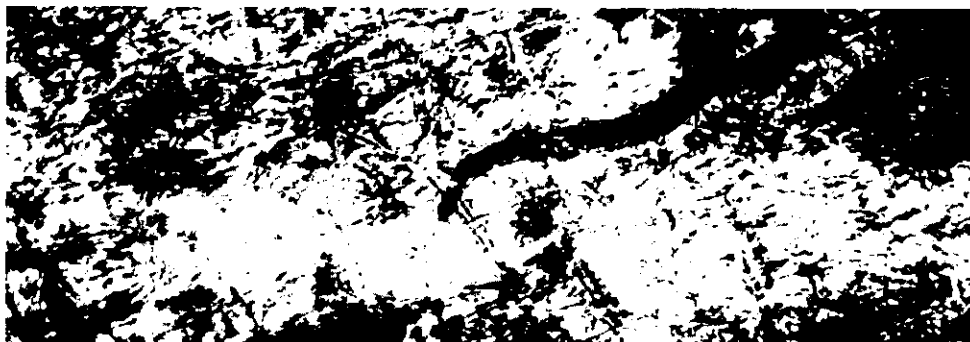


図4 タイコン肥大根の病斑内の線虫



図5 被害ダイコン(左)と健全ダイコン



図7 線虫高密度圃場で発生した奇形ダイコン(右)と健全ダイコン(左)一間引時一



図6 ダイコン肥大根に生じた病斑
(大きいもので径数mm)



図8 線虫高密度圃場で発生した奇形ダイコン
一収穫時一



図9 長ニンジン被害（生育不良と部分的枯死）

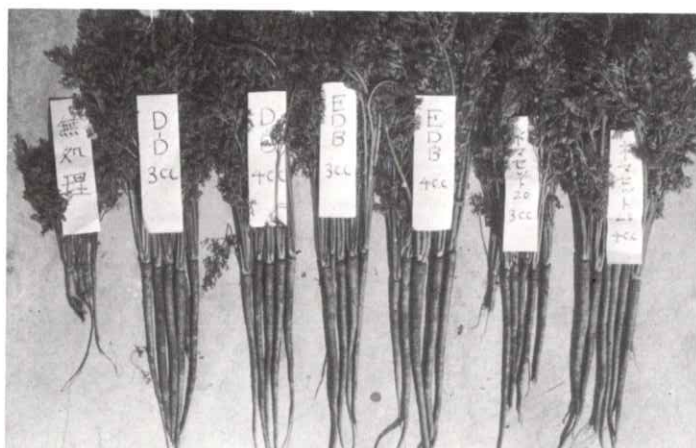


図10 長ニンジン被害（左端は無防除区）



図11 短根ニンジン被害（左は健全）



図18 マリーゴールドの栽植状況1.
アフリカンマリーゴールド(左、開花中)とメキシカンマリーゴールド(右側の草丈の高いもの)



図19 マリーゴールドの栽植状況2.
スイカ畑に混植したマリーゴールド
〔大林原図〕



図20 土壌消毒作業