

緒 言

神奈川県の三浦半島は、東京湾と相模湾の間に位置する小さな半島である。黒潮の影響を受け、冬季温暖な気象条件を最大限に活かして、関東の中でも特異な露地蔬菜産地を形成している。現在の主要作物は、冬、春作のダイコン、キャベツ及び夏作のスイカの3種類で、このほか、最近では、夏作にカボチャやメロンの栽培も増加している。

これらの主要作物のうち、ダイコンの栽培は最も歴史が古く、天保12年刊行の「新編相模風土記」に、ネズミダイコンと称するダイコンについて、「ソノ形蕉青ニ似テ根ノ様鼠尾ニ似タリ、高円坊村（現在の三浦市）ヨリ出ルヲ殊ニ上品トス」との記述がある。著名な三浦ダイコンは明治から大正にかけて「高円坊」、「小原」の2つの地ダイコンをもとに、「練馬」、「相模中太り」を交雑させながら改良され、大正14年に正式に「三浦大根」と命名されたものである。大正元年には、すでに260ha余の栽培面積があり、船などで京浜市場に出荷されたと言う。昭和15年頃には、600haにまで増加し、戦時中は、軍用施設などに利用されて一時減少したもの、その後復活した。昭和20年代末までは、このダイコンを中心、早掘りバレイショと、陸稲またはダイズを年間に作付ける輪作が行なわれてきた。昭和30年代に入ると、早掘りバレイショに代わって春キャベツが、また、陸稲やダイズに代わってスイカが作付けられるようになり、今日の三浦半島の輪作体系の基礎ができあがった(1)。

三浦ダイコンに、キタネグサレセンチュウ (*Pratylenchus penetrans*) の被害が認められるようになったのは、ちょうどこのころ、昭和20年代の末から30年代初期のことである。それ以後、次第に被害は拡大し、昭和50年代後半から三浦ダイコンに代わって登場した、青首系ダイコンが栽培されている今日まで、常にダイコンの最も重要な害虫として、その防除に多大な努力が払われている。

我が国の植物寄生性センチュウに関する最初の研究論文は、「つるれいしニ寄生スル線虫ニ就テ」と題して明治27年（1894）に報告されたネコブセンチュウに関するもの(142)である。明治の末から大正初期の研究は、主にコムギ、ダイズ、クワ、ミカンに関するものが多い。大正9年（1920）には、千葉農試でキュウリのセンチュウ防除に、焼き土や石灰窒素が有効であることを報告(4)している。このころ、センチュウ防除に用いられていた薬剤は、二硫化炭素、ホルマリン、石灰硫黄合剤、硫黄華などであったが、いずれもその効果は少なかったようである。昭和になると、クロルピクリン剤が導入され、ナスやメロンなど、蔬菜のセンチュウ防除にも利用されるようになった。

ネグサレセンチュウに関する記録は、エゾマツおよびクロマツの根を腐敗させるセンチュウとして、昭和7年に山口捨雄（1932）が北海道大学演習林から記録した *Tylenchus pratensis*（現在では、キタネグサレセンチュウと推察されている）が最初の報文とされる。これに次いで昭和20年代になると、宮崎県や長崎県で甘藷根腐線虫病として、ミナミネグサレセンチュウ (*Praty-*

lenchus coffeae) の被害が大きな問題となった(40, 60)。D-D剤が我が国に初めて登場したのは、戦後間もない昭和23年のことで、甘藷根腐線虫病についても、D-D剤による防除などが試みられている。これによってセンチュウの防除技術は大きく進展することになった。昭和30年には、宮崎県下で種ジャガイモの腐敗病が問題となり、ネグサレセンチュウによるものであることが明らかにされた(35, 79)。まさに三浦ダイコンのキタネグサレセンチュウ問題が明らかになると相前後してのことである。それ以来、キタネグサレセンチュウは、三浦半島で栽培されるダイコンの最も重要な害虫として、その地位を保ち続けている。ネグサレセンチュウの被害は、ネコブセンチュウのように、顕著な症状を示さず、根菜類を除いてその被害が正しく評価されないことが多い。国外では、土壤伝染性病害の媒介者としても重要な害虫として扱われているが、我が国での作物被害に関するまとめた研究は、後藤(1964)の甘藷根腐線虫病、後藤・大島(1965)のジャガイモのミナミネグサレセンチュウのほか、ダイコンを加害するキタネグサレセンチュウに関する近岡(1983)の研究が主要なものである。

キタネグサレセンチュウの生態や、防除技術の研究については、神奈川県農業総合研究所の近岡一郎博士(現神奈川県病害虫防除所)が、精力的に研究を進められ、多くの知見(5~25)がもたらされている。しかし、農家の現場では、なおその防除に苦労し、的確な防除技術の確立が求められている。とくに、三浦半島の実際の輪作体系の中でのキタネグサレセンチュウの発生生態や被害、薬剤の処理技術については、不明な点が多い。また、新しく開発される農薬についての効果の検定も重要である。筆者は、神奈川県園芸試験場三浦分場にあって、昭和43年から近岡博士の指導を頂きながら、現場の問題としてその防除法の研究に取り組んできた。また、農薬に頼らない新しい技術として、マリーゴールドを利用した輪作による防除法の開発と、実際の三浦半島における輪作体系に取り入れるための研究を進めてきた。そのいくつかは、近岡らとの共同研究を含み、成果の一一部はすでに発表してきた(17, 24, 54, 92~99)。それらは、つぎつぎに農家に普及されて実用化されている。そして、ダイコンは、今日なお、三浦半島の最も重要な作物として経営の中心となり、700ha余の大産地を維持して、冬場の京浜市場で高い占有率を誇っている。ここに、これまでのキタネグサレセンチュウの生態と防除技術の研究を取りまとめ、その成績により、実用的効果をあげることができたことを報告する次第である。

本論文の取りまとめにあたっては、名城大学教授高野泰吉博士、村田道雄博士、田中啓文博士および名古屋大学名誉教授斎藤哲夫博士に、懇切な御指導と御校閲を賜った。また、神奈川県病害虫防除所近岡一郎博士からは、終始細部にわたって格別の御助言を頂いた。ここに記して厚くお礼申し上げる。

本研究の実施にあたっては、農林水産省北海道農業試験場元病理昆蟲部長・戸稔博士、同虫害第二研究室長三井康博士、同農業環境技術研究所環境生物部長駒川旦博士、同線虫・小動物研究室長西沢務氏、同農業研究センター線虫害研究室長大島康臣氏、同元室長後藤昭博士、同企画調整部長稻垣俊郎博士、同野菜・茶葉試験場久留米支場病害研究室長小林紀彦博士、同元横浜植物防疫所三枝敏郎博士らに、終始懇切なご指導を頂いた。また、歴代の神奈川県園芸試験場三浦分

場長横溝剛，野川富雄，関義和，清田勇および平石雅之の各氏には、終始多面的な御援助，御指導を頂いた。神奈川県病害虫防除所近岡一郎博士，同横須賀農業改良普及所推名清治氏，同園芸試験場三浦分場平石雅之氏，同園芸試験場水野信義氏には、共同研究者として御協力いただいた。記して謝意を表する。また、神奈川県横須賀農業改良普及所，横須賀市農業協同組合，三浦市農業協同組合の諸氏，試験場を提供していただいた横須賀市および三浦市の農家の方々に対し、心からのお礼を申し上げる。さらに、神奈川県園芸試験場三浦分場の在場職員並びに研修生の諸氏は、本研究の実施にあたって多大の労をとられ、御協力を頂いた。心より感謝の意を表する。

第1章 キタネグサレセンチュウによるダイコンの被害実態

第1節 沿革

神奈川県三浦半島の特産である三浦ダイコンに、キタネグサレセンチュウの被害が認められたのは、1951～52年頃と推定される。当時の病害虫防除所などの調査によると、当初は三浦市初声町高円坊と、横須賀市須軒谷の2地区のみに被害が認められ、被害面積もわずか25haであったが、1955年頃から、だいに周辺のほ場や、ほかの地域にも発生が見られるようになった(19, 123)。

この被害が、センチュウの一一種によることを初めて明らかにしたのは、神奈川県農業試験場の鍵渡徳治で、1957年のことであった。翌1958年には、農林省横浜植物防疫所の三枝敏郎が、これをネグサレセンチュウの一種と同定した。さらに、1962年、農林省農業技術研究所の宇井稔により、キタネグサレセンチュウ(*Pratylenchus penetrans* COBB)と同定され、初めて種名が明らかにされた(6, 17, 21)。この頃三浦ダイコンはウイルス病の蔓延による「ガリ」症状の被害に悩まされ、関係機関がこぞってその防除対策に奔走した。この経緯をまと

めた1959年の調査報告書(123)の中に、キタネグサレセンチュウについての記述があり、三浦市初声町高円坊、同南下浦町金田の一部、横須賀市須軒谷に発生が認められ、発生地での被害が著しいと記されている。

1960年から、農林省により土壤センチュウの検診事業が開始され、神奈川県では、県農業試験場近岡一郎が中心になって行なった調査(5, 6)の中で、三浦ダイコンについてもその被害の発生分布や被害面積が明らかとなつた。1963～65年の検診結果では、調査は場674か所の約32%でキタネグサレセンチュウが検出され、その被害は三浦半島の产地全域に拡大されている。被害面積は1965年に48ha(被害面積率8%)、1967年に89ha(同15%)と記録され(25)、その後同様な調査は行なわれていないが、現在ではダイコン栽培の必須の作業として殺センチュウ剤の処理が行なわれるほどで、約700haのダイコン栽培ほ場の大部分に分布していると推察される。

第2節 ダイコンの被害症状

キタネグサレセンチュウによるダイコンの被害は、大部分が肥大根の表面に生ずる加害斑で、もっぱらその商品価値を低下させる点が問題となる。加害斑は、ダイコンの表皮組織に初め微細な乳白色斑を生じ、その後だいに拡大して、大きいものでは4～5mmの不正形白斑となる。拡大した病斑は、その中に褐色の小斑点を生

じ、これが進行すると中心部から裂壊して黒変する。これらの症状は、現地農家の間では『水ぼうそう』、『白ぶつ』、『黒ぶつ』、『あばた』などと呼ばれている。

加害斑が初期の白斑状で、しかも少数ならば被害は目立たず、商品としても問題はない。しかし、症状が進

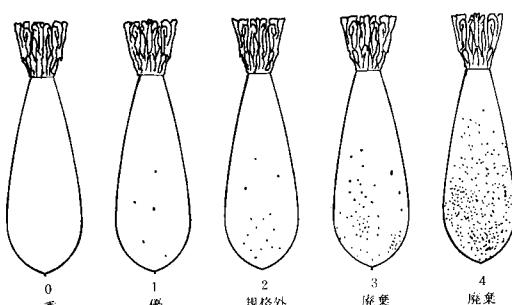


図1 三浦ダイコンのキタネグサレセンチュウによる被害程度と出荷基準(三浦市農協出荷基準より改変)

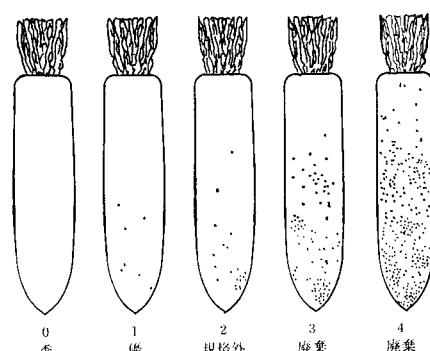


図2 青首ダイコンのキタネグサレセンチュウによる被害程度と出荷基準(三浦市農協出荷基準より改変)

行して黒変し、また、加害斑の密度が高くなると著しく外観を損ない、肌の白さを売り物にするダイコンでは、商品価値が失われる。三浦半島で採用されている三浦ダイコン（白ダイコン）および青首ダイコンの出荷規準のうち、キタネグサレセンチュウの被害の規格は、図1及

び図2に示すとおりで、被害の階級値にあてはめると、秀品が0（無）、優品が1（少）、B品（規格外）が2（中）で、3（多）及び4（甚）のものは廃棄される。また、安値の時にはB品の出荷も停止される。

第3節 土壤中のキタネグサレセンチュウ密度と被害

ダイコンのキタネグサレセンチュウによる被害の程度は、土壤中のキタネグサレセンチュウ密度と収穫時期に左右され、密度が高いほど、また収穫時期が遅くなるほど被害は大きくなる。したがって、土壤中のキタネグサレセンチュウ密度から推定する被害程度には幅があるが、2～3の試験例の中からその関係を示したのが図3である。ダイコンの被害度指数（第2章参照）を25（平均階級値1）以下にするためには、土壤50gあたりのキタネグサレセンチュウ密度を5頭以下にしなければならず、20頭を越えると被害度指数は50（平均階級値2）を越え、販売できないダイコンの割合が増加する。これらの点から、実用的な要防除密度は10頭/50gと推定される。キタネグサレセンチュウの密度とダイコンの被害度については、すでに近岡（14）の報告があり、両者の間に高い相関があること、被害の多い年、通常の年および少ない年では回帰式がそれぞれ異なることを明らかにし

ている。この結果でも、被害の少ない年を除けば、キタネグサレセンチュウ密度が10頭/50gの低密度で、被害度は25%を越えており、ダイコンのキタネグサレセンチュウ防除の困難さは、まさにこの要防除密度の水準の低さにあるといえよう。

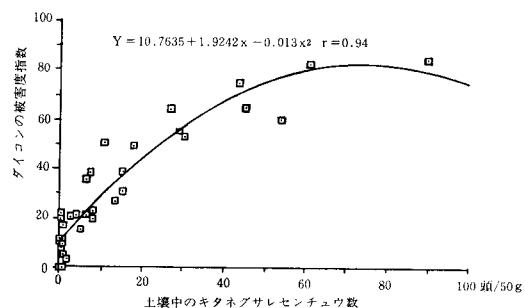


図3 土壤中のキタネグサレセンチュウ密度とダイコンの被害度指数の関係

第4節 三浦半島における防除技術の変遷

三浦半島における、キタネグサレセンチュウの防除は、前述の1959年から、全国規模で行なわれた土壤センチュウ検診事業と、同バイロット防除事業（5）によって始まった。これらは、主としてネコブセンチュウを対象としたEDB剤による防除であったが、キタネグサレセンチュウの被害が増加するにつれて対象を広げ、キタネグサレセンチュウの防除も含めたものとなり、DCIP剤、DBCP剤（現在市販されていない）、D-D剤なども用いられるようになった。しかし、これらは、キタネグサレセンチュウに対する防除効果が必ずしも高くなく、有効な防除手段とはいえない状況であった。しかも、これらの薬剤による防除は、処理条件による効果の振れが大きいこと、経費がかかること、防除効果が持続せず、密度の復元が早いことなど、いくつかの問題を含み、早急な防除技術の確立が望まれていた。このような状況のもとで、1968年～1971年に、国の総合助成試験に

よる、「キタネグサレセンチュウの総合防除に関する研究」が進められた。その結果、D-D剤は、10aあたり50～70l/10aの多量処理によって安定した効果が得られ、また、カーバム剤も登場し、実用化されるようになった（17）。さらに、薬剤処理後の有機物の施用が、防除効果を維持し、密度の復元を抑制すること（17, 92）、マリーゴールドを利用した防除技術が有効なことが明らかにされ（17, 93, 94），順次、普及に移された。三浦市農協では、これらの技術を組み立て、1971年から、D-D油剤70lの処理と、ガス抜き時の樹皮堆肥600kg、VS34の30kg、米糠60kg/10aの施用をセットにした請負防除を開始し、1970年代のキタネグサレセンチュウ防除に大きく貢献した（図4）。

マリーゴールドは、当初スイカとの混植栽培として普及され、30ha余の栽培があったが、スイカとの競合の問題を解消できず、また、スイカの作型の前進や、トンネ

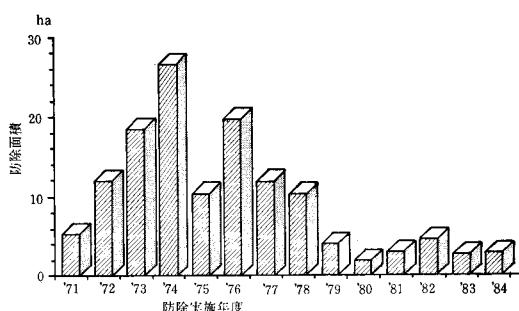


図4 三浦市農協によるキタネグサレセンチュウの請負防除面積の推移（三浦市農協内部資料より）

ル栽培の増加によって減少した。しかし、その技術は農家の間に定着し、1979年～1982年に行なわれた、田の別

替研究、「主要畑作地帯における畑地管理方式開発のための実証的研究」の成果により、最近は、夏作の全面栽培として復活し始めている。殺剤では、食用作物での登録を失ったカーバム剤に替わってD-D・メチルイソチオシアネット油剤が登場し、D-D剤と共にキタネグサレセンチュウ防除の中心的役割を果たしている。また、最近ダイコンで登録されたオキサミル粒剤は、急速に普及し、D-D剤との併用処理を中心に利用され始めている。

表1には最近の三浦半島における、殺センチュウ剤の使用量を示した。現在も、キタネグサレセンチュウの防除は、殺センチュウ剤が主役ではあるが、本研究の成果が各所で活用され、マリーゴールドを利用した防除法と共に農家の防除技術として定着している。

表1 三浦半島における殺センチュウ剤の使用状況（神奈川県経済連および小売業者の内部資料より集計）

薬 剤 名	単位	1985	1986	1987
D-D (55%) 油剤	20 l	1,681本	11,470本	11,605本
D-D (92%) 油剤	20 l	10,354〃	3,677〃	2,680〃
D-D・メチルイソチオシアネット混合油剤	20 l	1,006〃	1,174〃	850〃
メチルイソチオシアネット油剤	20 l	208〃	109〃	36〃
クロルピクリン	20 l	48〃	62〃	38〃
D C I P 粒剤	15kg	191缶	171缶	104缶
オキサミル粒剤	3kg	0袋	2,630袋	5,920袋

薬剤名は、13ページの供試薬剤の項を参照。

第2章 材料および実験方法

本章では、研究の供試材料および全般を通じての主要な調査、実験方法を記し、その詳細については、各章、節（または項目）で記述する。

第1節 供 試 材 料

1. センチュウ

供試したセンチュウは、三浦市初声町下106ノ1の旧神奈川県園芸試験場三浦分場ほ場、三浦市初声町下宮田3002の現三浦分場内ほ場および、三浦市または横須賀市の現地農家ほ場に生息するキタネグサレセンチュウ (*Pratylenchus penetrans*) である。

2. 作 物

実験の基本となるダイコンは、1968年以降1981年まで、当場で毎年採種する分場系三浦都（三浦ダイコン）を用い、1982年以降は、タキイ種苗㈱の耐病総太り（青首ダイコン）を主に用いた。その他の輪作作物として、春キャベツはサカタのタネ㈱の金系201を、スイカは、みかど種苗㈱の台木用ユウガオ相生に接木した、大和種苗㈱の綺王を用いた。また、マリーゴールド (*Tagetes*

spp.) の品種は、野生種のメキンカンマリーゴールド (*T. minuta*) の他は、いずれもサカタのタネ㈱のものを用いた。

3. 土 壤

試験を実施したほ場の母体は、火山性風積土壤で、腐植に富む黒ぼく土である。理化学的性状は、ほ場によつて異なるものの、おおよその特徴は次のようにある。孔隙率は70~80%と高く、細土無機物中の組成は、細砂の割合が高く40~50%，シルトは約20%，粘土約15%，腐植は10~15%であるから、腐植と細砂にすこぶる富む火山灰性壤質砂土ないし砂壤土である。腐植に富むので、土壤の陽イオン交換容量は40~50me/100gと著しく大きい、磷酸吸収係数は2,000~3,000と高い値で、火山灰性黒ぼく土の特性を良く示す。

第2節 実験および調査方法

1. 土壌中のキタネグサレセンチュウ分離法

ほ場からの採土は、原則として1試験区内5か所から、深さ10~15cmの土壤を等量に採取して十分に混合し、ベルマン法によって分離した。使用したベルマン装置は、径9cmのガラスロートに、径7cmの受納皿を用い、フィルターは上質和紙（ヨクヨ和文タイプ用紙）1枚とした。供試土壤は20~50g、分離時間は48時間（または24時間）とし、室温条件で分離を行なった。ただし、室温が低い（10°C以下）場合は、20~25°Cの定温器内で分離した。

2. 植物根中のキタネグサレセンチュウの分離法

よく水洗した細根1~2gを、約1cmに切断してミキサーに入れ、刃がかくれる程度に水を加え、約20秒間摩碎した。この摩碎液を60メッシュのふるいに通して植物片を除去し、センチュウを325メッシュのふるい上に集める方法で分離した。

3. ダイコンのキタネグサレセンチュウによる被害度

調査

収穫して水洗したダイコンの、根部表面に生ずる加害斑（乳白色または黒変裂開した不正形斑）の多少を肉眼で観察し、0~4の5段階の階級値に分類した。各階級値の規準は次のとおりである。0（無）=全く加害斑が認められない。1（少）=1か所以上に加害斑が認められるが、目立たない。2（中）=加害斑が散在し、一見して認められる。3（多）=加害斑が全面に出て目立つか、部分的に集中してあばた状になる。4（甚）=全面に加害斑が高密度に分布してあばた状になる。

被害度指数は、階級値から次式により算出した。

$$\frac{\Sigma (\text{階級値別株数} \times \text{階級値})}{\text{調査総株数} \times 4} \times 100$$

また、商品化率は、階級値0を秀品、1を優品、2をB品（規格外）として販売可能なものと想定し、調査総株数に対する割合（%）で算出した。

第3章 三浦半島における輪作体系と キタネグサレセンチュウの発生

ダイコンに被害をもたらすキタネグサレセンチュウの発生消長は、三浦半島の年間3作物を栽培する輪作体系と密接な関係を持ち、かつ土壌の温度や湿度条件がその生存率に影響を与えていたものと推察される。代表的な輪作体系下での年間発生消長、夏作物スイカでの土壌深度別生息密度、温度および土壤水分条件とキタネグサレセンチュウの生存率などを検討すると共に、主要3作物に対する被害解析を行なった。

第1節 発 生 消 長

1. 年間3作物栽培での発生消長

方法：1968年5月から1970年2月の間に、スイカ、ダイコン、春キャベツ、スイカ、ダイコンと順次栽培し、各作物の作付前後の土壌中のキタネグサレセンチュウ密度を調査すると共に、1969年2月と1970年1月に収穫したダイコンの被害度指数を調査した。

結果：土壌中のキタネグサレセンチュウ密度とダイコンの被害度を図5に示す。試験開始時は春キャベツ収穫後で、高密度の状態であったが、夏作物スイカ栽培中に低下し、冬作物のダイコン、キャベツで増加した。翌年の夏作物スイカ栽培中に再び密度は低下し、ダイコン作付け時には、前年の同時期に比べて高い密度を示し、1年間の輪作では場の密度レベルが上がったことを示した。ダイコンの被害度指数も1969年に比べ、1970年の被害が増加し、土壌中のキタネグサレセンチュウ密度に対応する結果となった。

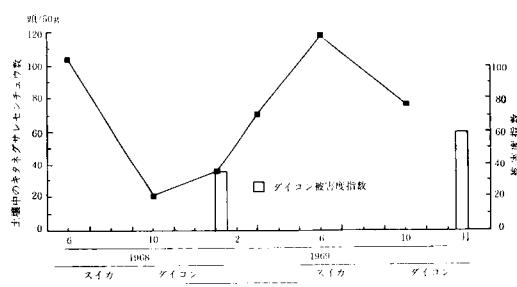


図5 年間3作物の輪作体系における土壌中の
キタネグサレセンチュウ密度とダイコン
の被害の消長

2. 年間2作物栽培での発生消長

方法：1982年8月から1985年3月まで、夏作スイカ、冬作ダイコンの2作物を交互に栽培し、各作物作付前後の土壌中のキタネグサレセンチュウ密度を調査するとともに、1983年2月、1983年12月、1985年2月に収穫したダイコンの被害度指数を調査した。

結果：土壌中のキタネグサレセンチュウ密度とダイコンの被害度を図6に示す。1982年のダイコン作付時の密度は176頭/50gと著しく高く、1983年2月に収穫したダイコンの被害度指数も81.4と激しい被害であった。しかし、1983年の夏作スイカが7月中旬収穫で、高温乾燥条件の7～8月を寄主作物のない条件で経過したことによって、ダイコン作付時の密度は前年の1/6程度に低下した。ダイコンの被害度指数も64.0に低下し、その後顕著な密度の増加を示さず、1984年のダイコン作付時には、さらに前年の約1/2の密度となった。

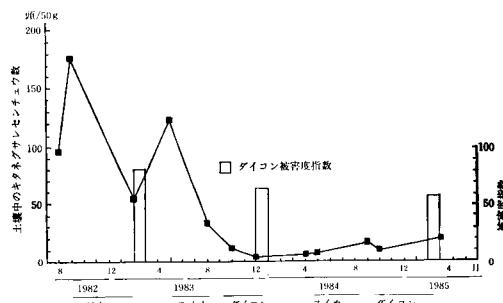


図6 年間2作物の輪作体系における土壌中の
キタネグサレセンチュウ密度とダイコン
の被害の消長

3. 夏作スイカ栽培期間中の発生消長

方法：春キャベツ収穫中（5月4日～20日まで）の場内は場に、1969年5月12日スイカを定植し、8月20日まで栽培した。この期間に6回、土壤を深さ別に採土し、土壤中のキタネグサレセンチュウを輪期別に計数した。

結果：キタネグサレセンチュウの土壤中密度は図7に示すように、キャベツ収穫後に著しく高く、以後スイカの栽培期間中減少の傾向を示した。土壤の深さ別では、中層（10～20cm）の生息密度が高く、下層（20～30cm）では、密度の変化が少なかった。また表

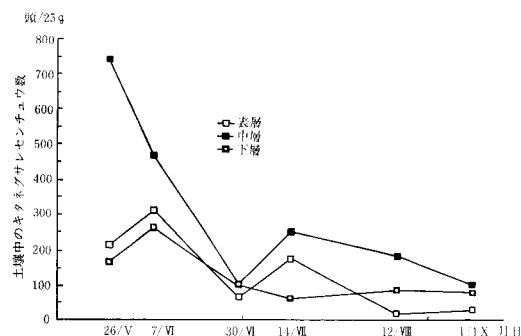


図7 スイカ栽培期間中の深さ別キタネグサレセンチュウ密度の消長（表層=0～10cm、中層=10～20cm、下層=20～30cm）

層では、スイカ収穫後の密度が最も低くなった。第8図には、中層（10～20cm）の密度と輪の構成を示すが、成虫の密度は大きな変化がないのにに対し、若齢や中・老齢幼虫はキャベツ収穫後に著しく高密度となっており、変動が大きかった。成虫の雌雄の比率は一定ではないが、ほぼ1:1の割合であった。これらの経過を見ると、夏へ向かっての密度の減少は、若齢幼虫の生存率の低下による影響が大きいと考えられる。

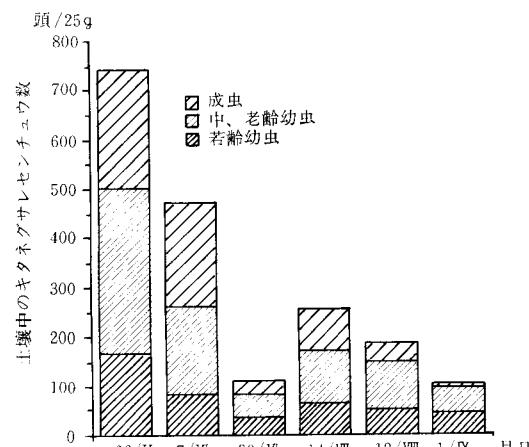


図8 スイカ栽培期間中の中層部（10～20cm）のキタネグサレセンチュウの輪構成

第2節 生存条件

1. 土壤の温度および水分と生存率

方法：あらかじめインゲンを栽培してキタネグサレセンチュウを増殖した土壤を、径20cmの腰高シャーレに入れ、土壤水分を対乾土比20%，40%および60%に調整したあと、ガラス蓋をして2°Cと25°Cの定温器に65～67日

表2 土壤の温度および湿度とキタネグサレセンチュウの生存率

試験区	土壤中のキタネグサレセンチュウ数			処理後の土壤水分
	処理前	処理後	生存率	
温度	土壤水分	642頭	209頭	32.6%
		〃	620	96.6
		〃	603	93.9
25°C	20%	2	0.3	18.0
	40%	21	3.3	30.5
	60%	37	5.8	47.0

注：センチュウ数は乾土重換算25gあたり。

保存した。なお、この土壤の最大容水量は約120%である。処理開始前と終了後にベルマン法（25g）でキタネグサレセンチュウを分離し、生存率を調査した。

結果：各区のキタネグサレセンチュウの生存率と、処

表2' キタネグサレセンチュウの生存率に及ぼす温度および土壤水分の主効果と交互作用効果

試験区	生存率	要因効果	要因
25°C20%	0.3%	(33.2)	平均値
25°C40%	3.3	33.5	40%の主効果
2°C20%	32.6	62.8	2°Cの主効果
2°C40%	96.6	30.5	40%×2°Cの交互作用
25°C20%	0.3	(33.2)	平均値
25°C60%	5.8	33.4	60%の主効果
2°C20%	32.6	60.2	2°Cの主効果
2°C60%	93.9	27.9	60%×2°Cの交互作用

注：コクラン・コックスの実験計画法の計算による。

理終了時の土壤水分を表2に示す。2°C区では、水分20%区で13まで減少したが、40~60%区では90%以上の生存率であった。一方、25°C区では水分が多いほど生存率は高いものの、その値は水分60%区でもわずか5.7%

で、高地温下では2か月余で9割以上が死滅したと考えられる。表2'に各要因の効果を示すように、土壤水分が高いことによる主効果が著しく大きく、また、低温の主効果と、高水分、低温の交互作用も有意であった。

第3節 主要輪作作物の被害解析

キタネグサレセンチュウの寄生、加害が、ダイコン、キャベツおよびスイカの生育、収量に及ぼす影響を明らかにする目的で試験を実施した。1968年秋に、コンクリートブロックを地下1mまで埋設して仕切った枠試験場(1区12m²)の土壤にキタネグサレセンチュウ生息土壤を量を変えて混入し、高密度、中密度および低密度(表3参照)に調整した。各区2反復とし、1968年冬作ダイコン、1969年春作キャベツ、1969夏作スイカ、冬作ダイコン、1970年春作キャベツ、夏作スイカと2年間輪作し、それぞれの作物の生育収量を調査した。この間の土壤中のキタネグサレセンチュウ密度は図9に示すような消長を示した。

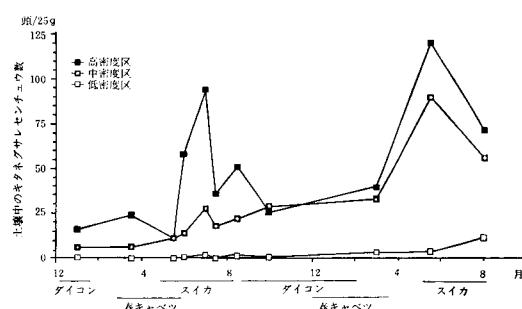


図9 輪作作物の被害解析試験期間中の土壤中のキタネグサレセンチュウ密度の推移

1. ダイコン

方法: 1968年は、9月19日に播種し、12月20日と1月20日の2回に分けて収穫調査を行なった。1969年は9月20日に播種し、2月5日に収穫した。施肥は両年とも緩効性のCUDU化成555号を用い、慣行量(N:K₂O:P₂O₅=21:21:21kg/10a)を施用した。

結果: 初年目は、高密度区の土壤中センチュウ密度が16頭/25gで、中密度区はその約1/3といずれも低レベルであったが、根部表面の加害斑による被害度指数は表3に示すように比較的高かった。ダイコンの生育は、表4に示すとおりで、中~高密度区が劣っていた。この年にはカブモザイクウイルス(TuMV)やキュウリモザイ

クウイルス(CMV)が多発してガリ症状を呈し、また、冬期の異常高温で腐敗やそれに伴う裂根も多く、明らかなセンチュウ害によるものとは判定できなかった。

表3 キタネグサレセンチュウ密度とダイコンの被害状況(初年目)

試験区	土壤中のキタネグサレセンチュウ数 (1969年) (1月7日)/50g	ダイコンの被害度指数	
		1968年 12月20日	1969年 1月20日
高密度区	16.0頭	47.4	51.1
中密度区	6.0	28.5	42.2
低密度区	0.0	5.3	25.0

表4 土壤中のキタネグサレセンチュウ密度がダイコンの生育に及ぼす影響(初年目)

試験区	1968年12月20日			1969年1月20日		
	葉重	根重	1株重	葉重	根重	1株重
高密度区	726g	939g	1.66kg	663g	1,898g	2.56kg
中密度区	696	1,115	1.81	606	1,605	2.21
低密度区	935	1,492	2.43	785	2,464	3.25

表5 播種時のキタネグサレセンチュウ密度と収穫時のダイコン被害状況(2年目)

試験区	土壤中のキタネグサレセンチュウ数 指 数	被害度別分布の割合(%)				
		0	1	2	3	4
高密度区	50.9頭	76.5	0	0	27	40
中密度区	21.1	58.8	0	17	42	31
低密度区	1.3	17.1	56	27	11	6

表6 土壤中のキタネグサレセンチュウ密度がダイコンの生育に及ぼす影響(2年目)

試験区	開引き時平均 1株重量		収穫時平均根重	
	1969年 10月11日	1969年 11月10日	1970年 2月5日	根重比
高密度区	13.3g	202.6g	1,550	113%
中密度区	10.6	195.8	1,518	111
低密度区	10.9	206.8	1,368	100

2年目は、センチュウ密度も前年に比べて高レベルとなり、加害斑の被害度指数も表5に示すように高かった。ダイコンの生育は表6に示すとおりで、間引き時の生育では差が少ないので、収穫時には低密度区に比べ、中～高密度区が10%以上重くなった。

これらの結果、土壤中のキタネグサレセンチュウ密度が30～50頭/25g程度では、少なくともダイコンの生育を抑制するような被害を生ずることはないと考えられる。

2. キャベツ

方法：1969年は、ダイコン収穫後の3月5日に定植し、4月から6月に順次抜き取って生育を調査した。定植時の畦幅60cm、株間は45cmとし、燐焼安加里1号を慣行量施用した。1970年は、12月2日にダイコンの間作として定植し、3月11日に結球株のみを収穫した。

結果：1969年度のキャベツの生育は、表7～表8に示すように、外葉数や最大葉長では、区による差が顕著ではないが、6月4日の茎の太さ、5月22日と6月4日の結球重、一株重などでは、低密度区に比べ、中～高密度区で優っていた。各区のキャベツ細根中のキタネグサレセンチュウ寄生密度を見ると、表9に示すように、中～高密度区では、多数の寄生が認められ、褐変度も高かった。しかし、観察によれば、根量は多く、新しい細根の発生が顕著であった。これらの点から、ある程度のキタ

表7 土壤中のキタネグサレセンチュウ密度がキャベツの生育に及ぼす影響（1969）

試験区	外葉数		最大葉長		茎の太さ(下子葉部)	
	4月	5月	5月	6月	5月	6月
高密度区	13.3	13.0	28.5	1.64	2.25	2.61
中密度区	13.4	13.0	28.4	1.63	2.23	2.67
低密度区	13.3	13.1	28.0	1.62	2.25	2.53

表8 土壤中のキタネグサレセンチュウ密度がキャベツの生育に及ぼす影響（1969）

試験区	結球部重量			1株重		
	5月	5月	6月	5月	5月	6月
高密度区	56	771	1.60	548	1.55	2.23
中密度区	39	732	1.58	544	1.44	2.25
低密度区	52	691	1.45	526	1.46	2.19

ネグサレセンチュウの加害による細根の被害は、生育が旺盛であれば、補償作用によって相殺され、むしろ生育を助長することもあると考えられる。

1970年のキャベツは、前年度と同様な生育を示し、3月11日の収穫調査では、表10に示すように、低密度区に比べ、中～高密度区の収量、収穫率が高かった。

3. スイカ

方法：1969年は、5月26日に定植し、8月19日に収穫

表9 キャベツ細根中のキタネグサレセンチュウ寄生密度（1969年6月11日）

試験区	ミキサーふるい別法	インクベーション法
高密度区	155.2頭/g	568.0頭/g
中密度区	149.1	221.0
低密度区	7.0	16.5

注：インクベートは、25°Cで7日間行なった。

表10 土壤中のキタネグサレセンチュウ密度がキャベツの収量に及ぼす影響（1970）

試験区	10aあたり収穫量	収穫率	平均結球重
高密度区	7.16 t	87.2%	2.10 kg
中密度区	7.00	84.0	2.00
低密度区	5.98	75.0	2.17

注：収穫率は、栽植株数に対する収穫株数の割合。

表11 土壤中のキタネグサレセンチュウ密度が標準施肥栽培スイカの生育・収量に及ぼす影響（1969）

試験区	1株あたり延べつる長			1株あたり収穫量（8月19日）		
	5月26日	6月5日	長比	収穫個数	総重量	重量比
高密度区	2.08	5.16	93	4.0	12.2	116
中密度区	2.14	5.77	104	3.8	11.1	106
低密度区	2.28	5.55	100	3.6	10.5	100

表12 土壤中のキタネグサレセンチュウ密度が減量施肥栽培スイカの生育・収量に及ぼす影響（1970）

試験区	1株あたりつる生育量（8月5日）			1株あたり収穫量（8月5日）		
	延べ長	総重量	つる長比	収穫個数	総重量	重量比
高密度区	5.56	2.17	75	3.0	6.2	71
中密度区	5.35	2.50	86	2.8	6.9	78
低密度区	6.64	2.91	100	4.0	8.8	100

注：施肥量は、標準の27%（73%減）。

した。定植時の畦幅3m、株間1mとし、施肥はC D U化成555号を慣行量施用した。1970年は、畦幅、株間は前年と同様としたが、施肥は元肥のみとし、施用量を慣行の27%にとどめた。

結果：1969年の生育、収量を表11に、1970年の生育、収量を表12に示す。1969年は5月26日と6月5日ともに、つるの生育は高密度区でやや劣ったが、収量は高密度区が低密度区より16%多くなった。

第4節 考

今日、三浦半島に定着しているダイコン、キャベツ、スイカの輪作体系は、1960年代初期に確立され、すでに25年以上も経過している。ダイコンで被害が問題となるキタネグサレセンチュウは、これら輪作作物のいずれをも好寄主とし、年間を通じて世代を繰り返していると考えられる。

キタネグサレセンチュウは、作物の細根などの伸長交替に伴って、土壤と根の間を移動しており、土壤中の密度が必ずしも作物体内の生息密度を示すものではない。しかし作物が収穫されて根の分解が進むと、多くが土壤中に出て、その密度は上昇する。ネグサレセンチュウの発生消長については、ジャガイモ(35)、ゴボウ(136)、ニンジン(136, 138)、フキ(76)などの栽培は場で調べられているが、いずれも作物の栽培時期との関連が大きい。三浦半島の輪作体系下での年間発生消長を見ると、春キャベツ収穫後の土壤中密度が最も高く、スイカ栽培期間中に低下するが、ダイコン栽培で再び増加傾向を示すのが一般的である。すなわち、増殖率は春キャベツで最も高く、ダイコンがこれに次ぐが、スイカでは顕著な増殖が認められることになる。キタネグサレセンチュウの増殖適温は24~25°Cとされており(67, 72)、地温から見れば、ダイコンやキャベツの栽培時期よりスイカの生育期がより適温と思われる。しかし、土壤中の生存率は温度が高くなると著しく低下し、また増殖の場となる作物の根量は、スイカが、キャベツやダイコンに比べて著しく少ない。スイカの栽培では場の生息密度が低下するのは、これらの理由によるものと考えられる。

年3作の輪作に対し、春キャベツを入れないで、ダイ

1970年は、施肥量を減らした栽培条件下で、高密度区が低密度区に比べ、つる長で25%，収穫重で29%も少なく、中密度区でもそれぞれ14%と22%劣った。

これらの結果、スイカの生育、収量に対し、通常の施肥管理では、キタネグサレセンチュウの寄生による影響は少ないと、栄養条件を悪くすると、影響が現われることが明かとなった。

察

コンとスイカの年2作とする体系では、キタネグサレセンチュウ密度が年々低下する点を見ても、キャベツの導入が増殖の役割を果たしていることがうかがえる。さらにキャベツは育苗中にキタネグサレセンチュウに寄生された苗を本ぼに定植することで、その伝搬にも大きな役割を果たしており、キタネグサレセンチュウが三浦半島全域に蔓延した大きな原因の一つと考えられる。

キタネグサレセンチュウによる作物の被害は、ニンジン(42, 43, 51, 56, 136, 137, 138)、ゴボウ(48, 52, 59, 77, 104, 107, 108, 136)、ダイコン(7, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 25, 37, 54, 92, 93, 94, 97, 99, 110, 111, 112, 145)などの根菜類が多く、ニンジンやゴボウでは、品質低下だけでなく、収量の低下も知られている。輪作作物に対する被害解析は、3段階のキタネグサレセンチュウ密度を設定して行った。その密度は通常、三浦半島の農家は場で見られるレベルである。土壤50g当たり500~1,000頭を越えるような高密度では、ダイコンやキャベツで生育を抑制する事例が報告されており(17, 25, 85)、本試験でも、施肥量を減らした栽培条件下のスイカでは、100頭/25g前後の土壤中密度で表12に示すような生育抑制が認められた。しかし、通常の栽培では、この程度の密度で生育、収量が低下することではなく、むしろ生育を促進する傾向を示す例も認められた。このように、三浦半島の輪作作物でキタネグサレセンチュウの被害が問題となるのは、根部表面の加害斑が商品価値を低下させるダイコンに限られると考えて差しつかえないと思われる。

第4章 薬剤による防除技術の確立

三浦半島におけるキタネグサレセンチュウの防除は、殺センチュウ剤が中心で、今まで各種の薬剤が用いられてきた。しかし、それらは、必ずしも安定した防除効果を示すとは限らず、それぞれ長所と欠点を有している。本章では、キタネグサレセンチュウに対する有効な殺センチュウ剤の検索と、それらの効果的な処理技術を検討する。また、性質の異なる薬剤を併用処理することで、相互の欠点を補完する処理法や、薬剤処理に伴う薬害の発生の回避法などについて取りまとめる。

第1節 材 料 お よ び 方 法

1. 供試薬剤

- (1) D-D油剤: 1,3-dichloropropene(不純物として1,2-dichloropropane およびその他の塩素化炭化水素を含む) 55%油剤(市販品、商品名=D-D)。
- (2) D-D(92%)油剤: 1,3-dichloropropene 92%油剤(市販品、商品名=テロン92、DC油剤)。
- (3) D-D・クロルビクリン油剤: 1,3-dichloropropene 25%と trichloronitromethane(クロルビクリン)50%の混合油剤(市販品、商品名=ネマクロベン油剤)。
- (4) D-D・メチルイソチオシアネット油剤: 1,3-dichloropropene 40%と methyl isothiocyanate 20%の混合油剤(市販品、商品名=ディ・トラベックス油剤)。
- (5) MN-3油剤(松田化学): メチルイソチオシアネット系薬剤で成分不明(試験品で市販なし)。
- (6) カーバムくん蒸剤: ammonium N-methyl-dithiocarbamate 50%(市販品、商品名=NCS)。
- (7) メチルイソチオシアネット油剤:methyl isothiocyanate 20%油剤(市販品、商品名=トラベックサイド油剤)。
- (8) メチルイソチオシアネット(30%)油剤(塩野義製薬、供試コード名=SSF-781): methyl isothiocyanate 30%油剤(試験品で市販なし)。
- (9) ダゾメット粒剤: tetrahydro-3,5-dimethyl 1,3,5-thiadiazin-2-thione 95%の粉粒剤(市販品、商品名=バスアミド微粒剤)。
- (10) オキサミル粒剤: N, N-dimethyl-2-methylcarbamoyloxyimino-2-(methylthio) acetamide 1%粒剤(市販品、商品名=バイデート粒剤)。
- (11) S-4120(供試コード名)(住友化学工業): O, S-diethyl-S-N-propyl phosphate を成分とする試験品(開発中止)。

(12) HCN-792(供試コード名)(保土谷化学): S-methyl N, (N-dimethyl thiolcarbamate) を成分とする試験品(開発中止)。

(13) カルボスルファン粒剤: 2,3-dihydro-2,2-dimethyl-7-benzo [b] furanyl N-dibutylaminothio-N-methylcarbamate 5%粒剤(市販品、商品名=アドバンテージ粒剤)。

(14) カルボスルファン(3%)粒剤(日産化学、供試コード名=N C-140): 2,3-dihydro-2,2-dimethyl-7-benzo [b] furanyl N-dibutylaminothio-N-methylcarbamate 3%粒剤(試験品で市販なし)。

(15) フォスチアゼート粒剤(石原産業、供試コード名=IKI-1145粒剤1): (RS)-S-sec-butyl O-ethyl 2-oxo-1,3-thiazolidin-3-ylphosphonothioate 1%粒剤(試験品で市販なし)。

(16) エブフォス粒剤(FMCファーマースト、供試コード名=FMC-67825粒剤): O-ethyl-S, S-di-sec-butylphosphorodithioate 3%粒剤(試験品で市販なし)。

(17) ピラクロフォス粒剤(武田薬品工業、供試コード名=TIA-230粒剤6): (RS)-[O]-I-(4-chlorophenyl) pyrazol-4-yl-O-ethyl-S-propyl-phosphorothionate 6%粒剤(開発中止)。

2. 処理方法

油剤など、土壤灌注する薬剤は、原則としては場を耕起したあと整地し、共立農機㈱製の手動式注入機を用い、深さ15cmで30cm間隔に点注した。ガス抜きは、小型管理作業機のロータリー耕で行ない、表層から約15cmの土壤を攪はんした。一部、トラクターによるロータリー耕でガス抜きを行なったが、この場合には、表層から約20cmの土壤を攪はんした。

粒剤の処理は、所定量の薬剤を地表面に散布後、小型管理作業機やトラクターのロータリー耕によって、深さ15~20cmの土壤と混和した。

なお、上記によらない処理方法については、各試験項目の方法の欄に記載した。

3. 調査方法

調査は、薬剤処理前後の土壤中のキタネグサレセンチュウ密度をベルマン法(50g, 48時間)で分離、計数し

た。なお、処理後の密度については、次式によって補正密度指数を算出した。

$$\frac{\text{処理区の処理後密度} \times \text{無処理区の処理前密度}}{\text{処理区の処理前密度} \times \text{無処理区の処理後密度}} \times 100$$

収穫したダイコンは、被害度を調査して被害度指数を算出すると共に、被害度別分布の割合と、被害度3および4に属するダイコンを販売できないものとして、可販率を算出した。

第2節 メチルイソチオシアネート系薬剤を中心とした防除効果の検討

1. 各種薬剤の効果比較

方法:D-D・メチルイソチオシアネート油剤、カーバムくん蒸剤およびMN-3油剤のメチルイソチオシアネート系薬剤を供試し、D-D油剤およびD-D・クロルピクリン油剤と比較した。1970年8月31日に、横須賀市北下浦町の現地農家ほ場に薬剤を処理した。9月8日に、小型管理作業機のロータリー耕でガス抜きをした。ダイコンは、9月12日に播種し、12月25日に収穫した。試験は、1区10.5m²とし、3連制で実施した。

結果:結果は表13にとりまとめた。D-D・メチルイソチオシアネート油剤のキタネグサレセンチュウに対する防除効果は顕著で、20~30l/10aでは、被害が全く認められなかった。カーバムくん蒸剤とMN-3油剤の各20l/10a処理は、ほぼ同等の効果であった。これら3種のメチルイソチオシアネート系薬剤は、いずれもD-D油剤30l/10a処理より優れた防除効果を示した。D-D・クロルピクリン油剤は、D-D油剤30l/10a

に比べて、同薬量処理でやや優れた。

メチルイソチオシアネート系の3薬剤処理では、いずれもダイコンの根部先端に異常を生じ、多くが岐根となる顕著な被害症状を示した。その程度は、薬量や薬剤の種類によって異なったが、いずれも商品価値に重大な影響を及ぼした。これは、処理後ダイコン播種までの日数が12日間と短く、ガス抜きが不十分であったためと考えられる。

2. D-D・メチルイソチオシアネート油剤とダゾメット粒剤の防除効果

方法:D-D油剤40l/10a処理を対照として、D-D・メチルイソチオシアネート油剤の20および30l/10aとダゾメット粒剤の20~40kg/10aの処理効果を検討した。1971年8月26日に、横須賀市北下浦の現地農家ほ場に薬剤を処理した。9月2日および9月12日に、小型管理作業機のロータリー耕でガス抜きを行なった。ダイコンは、9月15日に播種し、1月28日に収穫した。試験

表13 メチルイソチオシアネート系薬剤の防除効果

試験区	処理薬量 (/10a)	被害度別分布の割合(%)					被害度指 指数	岐根発生率	ダイコン可販率
		0 (無)	1 (少)	2 (中)	3 (多)	4 (甚)			
D-D・メチルイソチオシアネート	10l	43	53	4	0	0	15.0	23%	77%
	20l	100	0	0	0	0	0.0	97	3
	30l	100	0	0	0	0	0.0	80	20
カーバム	20l	87	13	0	0	0	3.4	90	10
MN-3	20l	86	14	0	0	0	5.0	39	61
D-D・クロルピクリン	30l	73	24	0	3	0	8.3	0	97
	50l	84	13	3	3	0	5.0	3	94
D-D	30l	37	50	10	0	0	21.3	0	100
無処理	—	0	7	53	33	7	60.0	0	60
LSD 5%							5.9		

注:ダイコン可販率は、岐根も除いた数字とした。

表14 D-D・メチルイソチオシアネート油剤とダゾメット粒剤の防除効果

試験区	処理薬量 (/10a)	キタネグサレセンチュウ数		補正密度指 数
		処理前 (8月26日)	処理後 (9月26日)	
D-D・メチルイソチオシアネート	20l	81.0頭	3.7頭	2.9
〃	30l	73.7	3.0	2.6
ダゾメット	20kg	66.0	9.7	9.2
〃	30kg	59.0	3.3	3.5
〃	40kg	66.0	2.3	2.2
D-D	40l	70.7	6.0	5.3
無処理	—	48.3	77.0	100.0

注：補正密度指数は、下記の式で算出した。

$$\frac{\text{処理区の処理後密度} \times \text{無処理区の処理前密度}}{\text{処理区の処理前密度} \times \text{無処理区の処理後密度}} \times 100$$

表15 D-D・メチルイソチオシアネート油剤とダゾメット粒剤処理によるダイコンの被害状況

試験区	処理薬量 (/10a)	被害度別分布の割合(%)					被害度指 数	ダイコン可販率
		0 (無)	1 (少)	2 (中)	3 (多)	4 (甚)		
D-D・メチルイソチオシアネート	20l	33	47	20	0	0	21.7	100%
〃	30l	27	60	13	0	0	21.7	100
ダゾメット	20kg	13	33	37	17	0	39.2	83
〃	30kg	37	40	17	6	0	23.3	94
〃	40kg	37	47	13	3	0	20.8	97
D-D	40l	26	30	37	7	0	30.8	93
無処理	—	0	3	13	34	50	82.3	16
LSD 5%							23.0	

は、1×10m²とし、3連制で実施した。

結果：結果を表14および表15に取りまとめた。処理前の土壤中のキタネグサレセンチュウ密度は、48~81頭/50gと高く、収穫時の無処理区のダイコン被害度指数も82.3と激しい被害であった。このため、ダイコンの可販率もわずか16%となった。D-D・メチルイソチオシアネート油剤の処理は、20および30l/10aの両薬量ともに顕著な防除効果を示し、D-D油剤40l/10a処理より優れた。また、ダゾメット粒剤も30~40kg/10aで、D-D油剤40l/10aと同等の効果を示した。なお、薬量間の差は認められなかった。

前年度多発した、D-D・メチルイソチオシアネート油剤などによる葉害症状の岐根は、今年度は全く認められなかった。これは、薬剤処理後ダイコン播種までの日数を20日間とし、ガス抜きも2回としたことによるものと考えられる。

3. D-D・メチルイソチオシアネート油剤の防除効

果

方法：D-D・メチルイソチオシアネート油剤20l/10aの処理効果をD-D油剤50l/10a処理と比較した。薬剤は、1976年9月3日に処理した。9月10日にガス抜きを行ない、9月24日には、施肥を兼ねて耕うんした。ダイコンは、9月24日に播種し、2月3日に収穫した。試験は、1×15m²とし、3連制で行なった。

結果：試験区の、処理前のキタネグサレセンチュウ密度は、著しく高かった。しかし、その多くは、若鶴幼虫であった。無処理区の収穫時の密度やダイコンの被害度から見て、これらの多くは、薬剤処理以外の影響で減少したと考えられる。試験結果は、表16および表17に示すとおりで、D-D・メチルイソチオシアネート油剤は、20l/10aと少薬量でD-D油剤50l/10aと同等の防除効果を示し、高い実用性が認められた。岐根の発生率は、処理区間で差が認められなかった。一方、裂根は、D-D油剤およびD-D・メチルイソチオシアネート油

表16 D-D・メチルイソチオシアネート油剤の防除効果

試験区	処理薬量 (/10a)	キタネグサレセンチュウ数		補正密度指 数
		処理前 (9月3日)	処理後 (2月7日)	
D-D・メチルイソチオシアネート	20 l	174.7頭	1.7頭	7.6
D-D	50 l	159.3	3.0	14.7
無処理	—	213.0	27.3	100.0

注：補正密度指数は、表14参照。

表17 D-D・メチルイソチオシアネート油剤処理によるダイコンの被害状況

試験区	処理薬量 (/10a)	被害度別分布の割合(%)					被害度指 数	ダイコン 可販率
		0 (無)	1 (少)	2 (中)	3 (多)	4 (甚)		
D-D・メチルイソチオシアネート	20 l	86	13	1	0	0	4.0	100%
D-D	50 l	88	12	0	0	0	3.0	100
無処理	—	0	26	45	22	6	54.3	72
LSD 5%							14.2	

剤処理区で明らかに少なかった。また、根重は、両薬剤処理区ともに無処理区より重く、生育促進効果が認められた。

4. 考 察

カーバムくん蒸剤、MN-3油剤、D-D・メチルイソチオシアネート油剤およびダゾメット粒剤の各薬剤は、いずれもキタネグサレセンチュウに対して、安定した高い防除効果を示した。カーバムくん蒸剤やD-D・メチルイソチオシアネート油剤がキタネグサレセンチュウに対して効果が高い例については、多くの報告(2, 11, 12, 17, 74, 145)がある。カーバム剤は、土壤中で速やかに分解してメチルイソチオシアネートに変化し、殺センチュウ作用を現すという(116, 117, 126)。ダゾメットも加水分解してメチルイソチオシアネートを生ずる。

これらのメチルイソチオシアネート系薬剤は、分解の過程で条件によって植物に有害な *N,N*-dimethylthioureaを生成して細胞分裂異常を生ずる(41)。本試験で見られた岐根の発生は、これによる薬害症状と考えられる。メチルイソチオシアネートの土壤中での分解は、土質、水分および温度によって異なり、数日から数週間の幅があるとされている(116)。このように、メチルイソチオシアネート系薬剤は、処理条件によって薬害が生じやすく、薬剤処理後、ダイコン播種までの期間を十分に取ることが必要である。現地では、D-D・メチルイソチオシアネート油剤の使用にあたって、3週間のガス抜き期間を前提とし、さらにコショウソウを用いた生物検定によって、安全を確認する方法をとっている。

第3節 メチルイソチオシアネート油剤および

D-D (92%) 油剤の防除効果の検討

D-D油剤(55%)製剤中に含まれる不純物による環境汚染や、1,3-ジクロロプロパンの変異原性に関する問題(65)から、D-D(92%)油剤や、メチルイソチオシアネートの単剤が試作され、その実用性についての検討を行なった。

1. D-D (92%) 油剤の防除効果と、メチルイソチオシアネート油剤の成分量および処理薬量と防除

効果

方法：メチルイソチオシアネート20%油剤の20, 30, 40 l / 10a および、30%油剤の20, 30 l / 10a, D-D・メチルイソチオシアネート油剤20 l / 10a, D-D(92%)油剤の30 l / 10a の防除効果を、D-D油剤50 l / 10a と比較した。

薬剤は、1978年9月1日に処理し、処理後直ちに20mm

の散水によって水封を行なった。ガス抜きは9月8日、15日および21日の3回、ロータリー耕で行なった。ダイコンは9月21日に播種し、2月14日に収穫した。試験は1×10m²とし、3連制で行なった。

結果：試験結果を表18および表19に示す。処理前の土壤中のキタネグサセセンチュウ数は、土壤50gあたり13～57頭とややばらつきが大きいが、各処理区のダイコン収穫時の数は、いずれも顕著に減少した。ダイコンの被害度で防除効果を比較すると、D-D・メチルイソチオシアネート20l/10aに比べ、メチルイソチオシアネート(20%)油剤は30～40l/10aが、メチルイソチオシアネート(30%)油剤では、20～30l/10aがほぼ同等で、メチルイソチオシアネート(20%)油剤の20l/10aは劣った。D-D(92%)油剤の30l/10aとD-D油剤50l/10aの処理では、前者の効果が優れた。

メチルイソチオシアネート系薬剤処理区では、横縞症の発生が軽減された（表48参照）。岐根の発生に差は認められなかった。

2. D-D(92%)油剤およびメチルイソチオシアネート油剤の処理薬量と防除効果

方法：メチルイソチオシアネート(20%)油剤の20, 30および40l/10a処理を、D-D・メチルイソチオシアネート油剤20l/10aと比較した。また、D-D(92%)油剤の20および30l/10a処理を、D-D油剤50l/10aと比較した。薬剤は、1979年9月7日に処理し、9月14日および25日に、ロータリー耕によるガス抜きを行なった。ダイコンは、9月26日に播種し、2月28日に収穫した。試験区は1×10.8m²とし、3連制で実施した。

結果：試験結果を表20および表21に示す。試験は場

表18 高濃度D-D剤およびメチルイソチオシアネート単剤の防除効果

試験区	処理薬量 (l/10a)	キタネグサセセンチュウ数			補正密度指 指数
		処理前 (9月1日)	処理後 (2月14日)		
メチルイソチオシアネート(20%)	20l	45.3頭	2.3頭	7.8	
〃	30l	50.7	0.3	0.9	
〃	40l	56.7	0.0	0.0	
メチルイソチオシアネート(30%)	20l	33.0	0.3	1.4	
〃	30l	13.0	0.0	0.0	
D-D・メチルイソチオシアネート	20l	39.0	0.3	1.2	
D-D(92%)	30l	23.0	0.3	2.0	
D-D	50l	38.3	0.0	0.0	
無処理	---	40.0	26.0	100.0	

注：補正密度指数は、表14参照。

表19 高濃度D-D剤およびメチルイソチオシアネート単剤処理によるダイコンの被害状況

試験区	処理薬量 (l/10a)	被害度別分布の割合(%)					被害度指 指数	ダイコン 可販率
		0 (無)	1 (少)	2 (中)	3 (多)	4 (甚)		
メチルイソチオシアネート(20%)	20l	69	27	4	0	0	8.7	100%
〃	30l	86	14	0	0	0	3.5	100
〃	40l	81	19	0	0	0	4.6	100
メチルイソチオシアネート(30%)	20l	91	9	0	0	0	2.2	100
〃	30l	98	2	0	0	0	0.5	100
D-D・メチルイソチオシアネート	20l	76	24	0	0	0	5.9	100
D-D(92%)	30l	88	12	0	0	0	3.0	100
D-D	50l	54	42	4	0	0	12.4	100
無処理	---	2	28	16	33	21	60.5	46

LSD 5%

7.7

表20 高濃度D-D剤およびメチルイソチオシアネット単剤の処理薬量と防除効果

試験区	処理薬量 (l/10a)	キタネグサレセンチュウ数		補正密度指 指数
		処理前 (9月7日)	処理後 (3月4日)	
メチルイソチオシアネット(20%)	20 l	40.3頭	22.0頭	50.4
"	30 l	66.3	10.7	14.9
"	40 l	50.7	8.0	14.6
D-D・メチルイソチオシアネット	20 l	75.3	6.0	7.4
D-D(92%)	20 l	65.3	7.7	10.9
"	30 l	50.7	5.0	9.1
D-D	50 l	51.0	15.3	27.7
無処理	—	48.0	52.0	100.0

注: 補正密度指数は、表14参照。

表21 高濃度D-D剤およびメチルイソチオシアネット単剤の処理薬量とダイコンの被害状況

試験区	処理薬量 (l/10a)	被害度別分布の割合 (%)					被害度指 指数	ダイコン 可販率
		0 (無)	1 (少)	2 (中)	3 (多)	4 (甚)		
メチルイソチオシアネット(20%)	20 l	4	44	38	16	0	36.9	84%
"	30 l	11	30	36	22	1	44.4	77
"	40 l	17	64	17	2	0	25.3	98
D-D・メチルイソチオシアネット	20 l	10	27	48	15	0	31.0	85
D-D(92%)	20 l	11	37	47	5	0	35.3	95
"	30 l	8	62	30	0	0	36.2	100
D-D	50 l	2	26	36	33	3	47.2	64
無処理	—	5	26	7	31	31	62.5	38
LSD 5%							20.6	

は、前作にソルゴーを栽培した場で、キタネグサレセンチュウの生息密度は比較的高かった。対照薬剤のD-D・メチルイソチオシアネット油剤およびD-D油剤の防除効果は、従来のデータに比べて劣り、反復間の振れも大きかった。これは、9月2半旬～5半旬の降雨が2mmと著しく少なかったことや、10月19日の台風で104mmの降雨があり、試験区に周辺の土壌が流入するなどの影響があったためと考えられる。キタネグサレセンチュウの補正密度指数とダイコンの被害度から、総合的に防除効果を判定すると、メチルイソチオシアネット(20%)油剤は、20 l/10a処理ではやや効果不足であった。30 l/10a処理でD-D油剤50 l/10aとはほぼ同等、40 l/10aでD-D・メチルイソチオシアネット油剤20 l/10aとほぼ同等と判断された。D-D・メチルイソチオシアネット油剤は、D-D(92%)油剤の20～30 l/10a処理と同等で、D-D油剤50 l/10a処理より優れた。岐根の発生率に差は認められず、葉害はないと判断

された。

3. 考 察

D-D・メチルイソチオシアネット油剤は、メチルイソチオシアネット20%と1,3-ジクロロプロパン40%の混合剤で、両者の協力による相乗作用があるとされている。メチルイソチオシアネット油剤は、当然のことながら、同薬量ではD-D・メチルイソチオシアネット油剤に劣るもの、メチルイソチオシアネット(20%)油剤の40 l/10a処理は、D-D・メチルイソチオシアネット油剤の20 l/10aとほぼ同等の防除効果を示し、将来、D-D油剤の使用が制限されるような場面では、実用性が期待される。しかし、現地農家の使用例では、40 l/10aでも効果が不十分な例もあり、処理条件や処理法については、さらに検討する必要があると考えられる。

D-D油剤では、D-D(92%)油剤などの高純度製剤が、従来の55%製剤に比べて、同薬量では高い効果を示す(105)が、成分量で比較すればほぼ同等の防除効果で

あった。従来のD-D油剤は、1,3-ジクロロプロパンのほか、1,2-ジクロロプロパンなどの塩素置換異性体の炭化水素を含み、環境汚染などの問題から、現在はすべて高純度剤に切り替えられている。92%製剤は、従来の55%製剤の三浦半島での標準使用量50l/10aに対し、30l/10aではほぼ同一の成分量となる。ところが、現場の使用場面では、この薬量では、従来の機械での均

…な処理が困難となった。これに対し、最近高純度剤をもう一度ケロシンで希釈した55%剤が市販され、広く現地で使用されている。この新しい55%製剤の比重は0.99で、従来の55%剤の1.19と異なるため、実際の20lあたりの成分量が異なっており、使用にあたっては、注意が必要となる。

第4節 粒剤タイプの殺センチュウ剤の検討

近年、D—D剤に代表される、灌注処理を前提とした従来のくん蒸剤に比べ、処理が簡便な粒剤タイプの殺センチュウ剤の開発が進められている。粒剤は、土壤中で気化して、くん蒸剤として作用するものと主として接触によって殺センチュウ作用を表すものとに大別することができる。本節では、両者を含めてD—D剤と比較しながら、それらの効果と実用性を検討する。

1. オキサミル粒剤およびダゾメット粒剤の防除効果

方法：オキサミル粒剤の10および20kg／10a，ダズメット粒剤20kg／10aとD—D（92%）油剤の37l／10aおよびD—D油剤57l／10a処理を比較した。D—D油剤，D—D（92%）油剤およびダズメット粒剤は，1977年9月12日に処理し，9月21日にロータリー耕によるガス抜きを行なった。オキサミル粒剤は，9月21日に，元肥施肥をかねて処理した。ダイコンは，9月24日に播種し，1月26日に収穫した。試験は，1×15m²とし，3連側で実施した。

結果：処理前の土壤中のキタネダラセセンチュウ密度は比較的低く、およそ15~20頭/50gであった（表22および表23）。葉剤処理後の補正密度指数で見ると、オキサミル粒剤10kg/10a処理区が著しく劣り、同20kg/10aやダズメット粒剤20kg/10a処理も、D-D油剤に比

べてやや劣った。ダイコンの被害度では、オキサミル粒剤10kg/10a処理で防除効果が劣り、その他は、ほぼ同程度の防除効果であった。横縞症状の発生株率は、D—D油剤処理区でやや高く、他の薬剤処理区では減少した。また、裂根は、各薬剤処理区とも、無処理区より低い発生率となった。岐根は認められなかった。

2. オキサミル粒剤の処理薬量および土壌への混入の深さと防除効果

方法：オキサミル粒剤の処理薬量を、30および60kg/10aとし、それぞれ、深さ15cmの土壤と混和した \pm と、

表22 オキサミル粒剤およびダゾメット粒剤の
防除効果

試験区	処理薬量 (10a)	キタネグサセレンチムウ数			補正密度指数
		処理前 (9月5日)	処理後 (1月31日)	補正密度	
オキサミル粒剤	10kg	15.7頭	12.3頭	67.5	
〃	20kg	14.7	4.0	23.4	
ダゾメット粒剤	20kg	16.0	5.0	26.9	
D-D (92%)	37l	16.7	3.0	15.5	
D-D	57l	20.0	1.7	7.3	
無処理	—	18.7	21.7	100.0	

注：補正密度指数は、表14参照。

表23 オキサミル粒剤およびダゾメット粒剤処理によるダイコンの被害状況

試験区	処理薬量 ($\text{kg}/10\text{a}$)	被害度別分布の割合 (%)					被害度指 指数	ダイコ 可販率
		0 (無)	1 (少)	2 (中)	3 (多)	4 (甚)		
オキサミル粒剤	10 kg	1	68	28	3	0	33.2	97%
"	20 kg	24	62	13	1	0	22.9	99
ダゾメット粒剤	20 kg	17	64	19	0	0	25.7	100
D-D (92%)	37 l	40	50	10	0	0	17.5	100
D-D	57 l	28	51	19	2	0	23.7	98
無処理	—	2	26	44	22	6	50.9	72
LSD	5%						13.3	

深さ30cmの土壤と混和した区を設け、D-D油剤50l/10a処理と比較した。D-D油剤は、1978年9月1日に処理し、20mmの散水によって水封した。ガス抜きは、9月8日、15日および21日の3回、ロータリー耕で行なった。オキサミル粒剤は、9月21日に所定の薬量を地表面に散粒後、ロータリー耕で深さ15cmの土壤と混和した。深さ30cmの処理区は、さらに、播種位置を中心幅30cm、深さ30cmの土壤をスコップを用いて十分に攪はんした。ダイコンは、9月21日に播種し、2月14日に収穫した。試験は、1区10m²とし、2連制で実施した。

結果：試験結果は表24および表25に取りまとめた。オキサミル粒剤は、15cmの深さの処理では、30kgと60kgで、ほぼ効果に差がなく、いずれもD-D油剤50l/10a処理と同等の防除効果を示した。しかし、深さ30cmまで混和した処理区は、いずれもD-D油剤50l/10aに劣った。一方、ダイコンのキタネグサレセンチュウによる加害斑は、15cm処理区では、根端部のみに現われるのに対し、30cm処理区では、根部全体に散在する傾向が認められた。これらの結果から、オキサミル粒剤処理の効果は、処理層でのキタネグサレセンチュウとの接触による

表24 オキサミル粒剤の処理薬量および土壤への混入の深さと防除効果

試験区	処理量 (/10a)	薬剤を 混和し た深さ	キタネグサレセンチ エウ数		
			処理前 (9月11日)	処理後 (2月14日)	補正密 度指數
オキサミル	30kg	15cm	83.0頭	3.5頭	6.0
〃	30kg	30cm	46.5	4.5	13.8
〃	60kg	15cm	53.0	3.0	8.1
〃	60kg	30cm	72.0	14.0	27.7
D-D	50l	—	52.0	0.0	0.0
無処理	—	—	55.0	39.0	100.0

注：補正密度指数は、表14参照。

影響が大きく、深層まで混和すると、薬剤が希釀されて効果が劣るのではないかと推察された。

3. オキサミル粒剤の作用機構

方法：オキサミル粒剤の処理による、キタネグサレセンチュウのダイコンへの加害阻止効果を明らかにするため、以下の処理を行なった。1986年10月6日に、キタネグサレセンチュウの生息しないほ場を選んでダイコンを播種した。このダイコンに、処理時期を変えてオキサミル粒剤を処理し、1月27日に抜き取って、キタネグサレセンチュウ生息ほ場に移植した。オキサミル粒剤の処理時期は、11月4日、11月20日、12月16日又は12月26日とし、無処理区を加えた5試験区とした。オキサミル粒剤は、40kg/10aを畦間の地表面に散粒後、小型の管理作業機で培土しながら土壤と攪はん混和した。移植したダイコンは、不織布（タフベル）のベタ掛けを行ない、3月12日に掘り上げてキタネグサレセンチュウの加害状況を調査した。調査は、全体にキタネグサレセンチュウの加害が少なかったため、根部を良く水洗し、株ごとのキタネグサレセンチュウ加害斑を数えた。また、掘り上げ時に、ほ場の土を採取し、キタネグサレセンチュウ密度を調査した。オキサミル粒剤の処理は、各区25m²で反復をとらなかった。また、移植ほ場は、1区画15m²のキタネグサレセンチュウ生息枠ほ場を用い、各処理15株ずつ、75株を移植して、3反復で試験を行なった。

結果：試験結果を、表26に示す。11月4日～12月16日にオキサミル粒剤を処理したダイコンは、無処理区と比べていずれも顕著なキタネグサレセンチュウの加害阻止効果を示した。しかし、12月26日に処理した区では、その効果は認められなかった。

本試験で認められた加害阻止効果は、オキサミル粒剤の有効成分が、植物体中に取り込まれ、その後のキタネグサレセンチュウの加害、侵入を抑制したものと考えら

表25 木素アミル粒剤の処理基質および土壤への混入の深さとダイヨンの被覆状況

表26 オキサミル粒剤によるキタネグサレセンチュウの侵入阻止効果

オキサミル粒剤処理月日	キタネグサレセンチュウの加害状況		移植ほ場の土壤中のキタネグサレセンチュウ密度
	被害率	株あたり加害頭数	
11月4日	13.3% a	2.7か所 a	
11月20日	4.4 a	1.0 a	
12月16日	17.8 a	5.3 a	59.5頭
12月26日	60.0 b	42.0 b	
無処理	62.2 b	33.3 b	

注：アルファベットは、異記号間でダントンの多重検定による1%有意差を示す。

表27 S-4120粒剤およびHCN-792粒剤の防除効果

試験区	処理薬量 (/10a)	キタネグサレセンチュウ数		
		処理前 (8月25日)	処理後 (10月25日)	補正密度指数
S-4120	20kg	240.0頭	118.5頭	84.1
"	30kg	256.0	30.5	26.3
HCN-792	30kg	314.0	54.0	28.1
D-D	50l	300.5	7.0	4.1
無処理	-	216.5	131.5	100.0

注：補正密度指数は、表14参照。

れ、さらに詳細な検討が望まれる。12月26日処理区で、この効果が認められなかつたのは、これ以降、敵寒季に入つてダイコンの生育が停滞し、また降水量も少なくなつて、植物体が有効成分を吸収できなかつたのではないかと推察された。

4. S-4120粒剤およびHCN-792粒剤の防除効果

方法：S-4120粒剤の20および30kg/10a処理と、HCN-792粒剤30kg/10a処理について、D-D油剤50l/10a処理と比較した。D-D油剤は、1982年9月2

日に処理し、9月9日と17日にガス抜きを行なつた。ダイコン（耐病総太り）は、9月17日に播種し、12月13日に収穫した。試験は1m²/10m²とし、2連制で実施した。

結果：試験結果を、表27および表28に示す。処理前の土壤中のキタネグサレセンチュウ密度は、200~300頭/50gと、著しく高かつた。D-D油剤は、顕著な防除効果を示し、100%の可販率であったのに対し、粒剤処理区はいずれも効果が劣つた。しかし、S-4120粒剤の30kg/10a処理では、ある程度の防除効果が期待される結果であった。

5. S-4120粒剤およびカルボスルファン粒剤の防除効果

方法：S-4120粒剤40kg/10a、カルボスルファン粒剤40kg/10aおよびオキサミル粒剤40kg/10aの処理について、D-D(92%)油剤の30l/10a処理と比較検討した。各薬剤は、1984年9月5日に処理し、直ちに約15mmの散水によって水封した。D-D(92%)油剤処理区は、9月17日および21日にガス抜きを行なつた。ダイコン（耐病総太り）は、9月21日に播種し、12月19日に収穫した。試験区は、1m²/4.37m²とし、3連制で実施した。

結果：結果を表29および表30に示す。粒剤処理区は、土壤中のキタネグサレセンチュウ数を処理後の補正密度指数で見ると、D-D(92%)油剤に比べて明らかに多く、殺センチュウ効果が劣ることを示した。しかし、ダイコンの被害度では、カルボスルファン粒剤がD-D(92%)油剤と同程度であったほか、オキサミル粒剤やS-4120粒剤はやや劣るもの、実用上問題にならない被害であった。これらの薬剤は、キタネグサレセンチュウに対する直接的な防除効果と同時に、被害軽減効果が期待できると考えられる。

表28 S-4120粒剤およびHCN-792粒剤の処理によるダイコンの被害状況

試験区	処理薬量 (/10a)	被害度別分布の割合(%)					被害度指 指数	ダイコン可販率
		0 (無)	1 (少)	2 (中)	3 (多)	4 (甚)		
S-4120	20kg	0	8	54	33	5	58.8	62%
"	30kg	8	29	32	28	3	60.0	69
HCN-792	30kg	0	2	17	53	28	77.1	19
D-D	50l	2	80	18	0	0	29.2	100
無処理	-	0	0	3	42	55	87.9	3

LSD 5%

12.8

表29 S-4120粒剤およびカルボスルファン粒剤の防除効果

試験区	処理薬量 (/10a)	キタネグサレセンチュウ数 處理前 (9月5日)	處理後 (12月19日)	補正密度指數
S-4120	40kg	103.0頭	38.3頭	23.3
カルボスルファン	40kg	65.7	31.0	29.5
オキサミル	40kg	52.0	35.0	42.0
D-D (92%)	30l	50.3	3.0	3.7
無処理	—	48.0	76.7	100.0

注：補正密度指數は、表14参照。

表30 S-4120粒剤およびカルボスルファン粒剤の処理によるダイコンの被害状況

試験区	処理薬量 (/10a)	被害度別分布の割合 (%)					被害度指數	ダイコン可販率
		0 (無)	1 (少)	2 (中)	3 (多)	4 (甚)		
S-4120	40kg	39	48	13	0	0	18.5	100%
カルボスルファン	40kg	93	7	0	0	0	1.9	100
オキサミル	40kg	57	41	2	0	0	11.1	100
D-D (92%)	30l	83	17	0	0	0	4.2	100
無処理	—	13	31	35	19	2	41.2	79
LSD 5%							8.6	

結果：試験結果を、表31および表32に示す。処理前の土壤中のキタネグサレセンチュウ数は、著しい高密度であった。処理後の補正密度指数では、D-D (92%) 油剤の防除効果が顕著で、粒剤区はいずれも劣った。しかし、ダイコンの被害度では、エブフォス粒剤の効果が顕著で、D-D (92%) 油剤よりも優れていた。オキサミル粒剤とフォスチアゼート粒剤は、D-D (92%) 油剤に劣るもの、商品化率から見て、かなり高い実用性が認められた。ピラクロフォス粒剤と、カルボスルファン3%粒剤は、これらに比べて実用性の点で効果は不十分であった。

7. 考 察

本節で扱った粒剤は、メチルイソチオシアネット系のダゾメット粒剤を除いて、いずれも接触型の殺センチュウ剤である。オキサミル粒剤に代表されるこれらの薬剤は、直接センチュウを殺す作用は強くないが、虫体に作用してその行動を阻害するなど、間接的に被害を防止する作用があるとされている(3)。西沢(82)は、これを静センチュウ作用と呼んでいる。本研究でも、これらの粒剤は、くん蒸剤に比べて殺センチュウ効果は明らかに劣るが、ダイコンの被害は顕著に軽減され、実用的防除

6. 各種粒剤の防除効果

方法：フォスチアゼート粒剤、エブフォス粒剤、ピラクロフォス粒剤、カルボスルファン3%粒剤およびオキサミル粒剤の効果について、D-D (92%) 油剤と比較した。試験は、三浦市宮川町の現地農家は場で行なった。D-D (92%) 油剤は、1986年9月9日に処理した。その他の粒剤は、9月19日の元肥施用時に、肥料と同時に施用し、D-D (92%) 油剤のガス抜きも兼ねて全面トラクターによるロータリー耕で土壤と混和した。ダイコン(耐病総太り)は、9月21日に播種し、1月30日に収穫した。試験区は、1区9m²とし、3連制で実施した。

効果を示した。オキサミル粒剤について、その作用性を検討したが、いわゆる静センチュウ作用のほか、薬剤が植物体に浸透移行して、キタネグサレセンチュウの加害侵入を阻害する効果も認められた。

これらの薬剤は、現在開発中のものも多く、今後さらにいくつかの実用化が期待されている。従来のくん蒸剤が、大気や地下水の汚染など、公害の問題が顕在化する中で、作用性の異なる接触型の薬剤の特性を理解し、その有効な処理技術の開発が求められている。

表31 各種粒剤の防除効果

試験区	処理薬量 (/10b)	キタネグサレセンチュウ数 處理前 (9月9日)	處理後 (10月14日)	補正密度指數
フォスチアゼート	30kg	287.7頭	151.0頭	34.7
エブフォス	20kg	213.0	46.7	26.5
ピラクロフォス	40kg	214.3	128.0	37.7
カルボスルファン3%	20kg	305.0	214.0	48.8
オキサミル	40kg	223.3	161.0	51.2
D-D (92%)	30l	118.0	2.3	1.5
無処理	—	125.7	178.7	100.0

注：補正密度指數は、表14参照。

表32 各種粒剤の処理によるダイコンの被害状況

試験区	処理薬量 (l/10a)	被害度別分布の割合 (%)					被害度指 指数	ダイコン可販率
		0 (無)	1 (少)	2 (中)	3 (多)	4 (甚)		
フォスチアゼート	30kg	3	32	51	10	3	44.3	86%
エブフォス	20kg	75	20	3	2	0	8.0	98
ビラクロフォス	40kg	0	12	23	30	35	72.1	35
カルボスルファン3%	20kg	2	13	32	38	15	62.9	47
オキサミル	40kg	18	42	35	5	0	30.0	95
D-D(92%)	30l	40	53	7	0	0	16.7	100
無処理	—	0	0	5	15	80	93.8	6
LSD 5%							12.6	

第5節 殺センチュウ剤の組み合わせ処理による防除技術

三浦半島で現在用いられている主要な殺センチュウ剤は、D-D剤である。しかし、キタネグサレセンチュウに対しては、所定の薬量では、防除効果が不安定で、使用薬量が増加する傾向にある。本節では、剤型や性質の異なる薬剤を併用処理することによって、適正な施用薬量で安定した防除効果を得ることを目的として、その組み合わせ法について検討した。

1. D-D油剤とダゾメット粒剤の組み合わせ薬量

方法：ダゾメット粒剤の処理薬量を、0, 5, 15および20kg/l/10aとし、これに組み合わせるD-D油剤を、0, 15, 30および50l/l/10aとした。試験は、あらかじめキタネグサレセンチュウを増殖した作場を用い、1979年9月7日に薬剤を処理した。ダゾメット粒剤は、所定量を地表面に散粒後、ロータリー耕で深さ15cmの土壤と混和して鎮圧した。D-D油剤は、ダゾメット粒剤処理後の土壤に点注し、9月18日にガス抜きを行なった。ダイコンは、9月18日に播種し、1月14日に収穫した。試験は、1m×3.75m²とし、3連制で実施した。

結果：薬剤処理後の土壤中のキタネグサレセンチュウ数と、ダイコンの被害度はよく対応した結果を示した（表33）。キタネグサレセンチュウによるダイコンの被害度指数を25（被害度1に相当）以下にするために、各薬剤の単独処理では、D-D油剤なら50l/l/10a、ダゾメット粒剤では20kg/l/10aが必要であった。これに対し、ダゾメット粒剤5kg/l/10aとD-D油剤15l/l/10aの組み合わせで、実用的な防除効果（指数18.3）が得られた。さらに、ダゾメット粒剤10kg/l/10aとD-D油剤15l/l/10a、またはダゾメット粒剤10kg/l/10aとD-D

油剤30l/l/10aの薬量の組み合わせでは、交互作用が大きく相乗効果が認められ（表33'），被害度指数が5以下という、高い防除効果が得られた。

2. D-D油剤とダゾメット粒剤の併用処理効果の解析

方法：試験区は、ダゾメット粒剤10kg/l/10a、D-D

表33 D-D油剤とダゾメット粒剤の薬量と防除効果

処理薬量 l/10a	D-D kg/10a	ダゾメット kg/10a	キタネグサレセンチ ュウ数		被害度指 指数
			処理前 (9月3日)	処理後 (1月22日)	
0	0	0	49.7頭	38.0頭	62.8
15	0	0	〃	9.0	36.6
30	0	0	〃	4.3	33.5
50	0	0	〃	1.0	22.7
0	5	5	65.7	3.7	37.2
15	5	5	〃	1.3	18.3
30	5	5	〃	0.7	11.8
50	5	5	〃	0.3	13.1
0	10	10	61.3	8.7	46.5
15	10	10	〃	0.0	3.8
30	10	10	〃	0.0	1.3
50	10	10	〃	0.0	2.4
0	20	20	62.3	0.0	4.0
15	20	20	〃	0.0	0.6
30	20	20	〃	0.0	0.0
50	20	20	〃	0.0	0.5

表33' ダイコン被害度指数に及ぼすD-D油剤とダゾメット粒剤の主効果と交互作用効果

処理	内 容	被害度指数	要因効果	要 因
無 处理		62.8	(37.43)	平均 値
ダゾメット 5 kg		37.2	-24.55	ダゾメットの主効果
D-D15 l		36.6	-25.15	D-Dの主効果
ダゾメット 5 kg + D-D15 l		13.1	1.05	交互作用
無 处理		62.8	(37.43)	平均 値
ダゾメット 10kg		46.5	-24.55	ダゾメットの主効果
D-D15 l		36.6	-34.35	D-Dの主効果
ダゾメット 10kg + D-D15 l		3.8	-8.25	交互作用
無 处理		62.8	(26.00)	平均 値
ダゾメット 20kg		4.0	-47.40	ダゾメットの主効果
D-D15 l		36.6	-14.80	D-Dの主効果
ダゾメット 20kg + D-D15 l		0.6	11.40	交互作用
無 处理		62.8	(36.33)	平均 値
ダゾメット 5 kg		37.2	-23.65	ダゾメットの主効果
D-D30 l		33.5	-27.35	D-Dの主効果
ダゾメット 5 kg + D-D30 l		11.8	1.95	交互作用
無 处理		62.8	(36.03)	平均 値
ダゾメット 10kg		46.5	-24.25	ダゾメットの主効果
D-D30 l		33.5	-37.25	D-Dの主効果
ダゾメット 10kg + D-D30 l		1.3	-7.95	交互作用
無 处理		62.8	(25.08)	平均 値
ダゾメット 20kg		4.0	-46.15	ダゾメットの主効果
D-D30 l		33.5	-16.65	D-Dの主効果
ダゾメット 20kg + D-D30 l		0.0	12.65	交互作用
無 处理		62.8	(31.45)	平均 値
ダゾメット 5 kg		37.2	-22.60	ダゾメットの主効果
D-D50 l		22.7	-37.10	D-Dの主効果
ダゾメット 5 kg + D-D50 l		13.1	3.00	交互作用
無 处理		62.8	(33.60)	平均 値
ダゾメット 10kg		46.5	-18.30	ダゾメットの主効果
D-D50 l		22.7	-42.10	D-Dの主効果
ダゾメット 10kg + D-D50 l		2.4	-2.00	交互作用
無 处理		62.8	(22.50)	平均 値
ダゾメット 20kg		4.0	-40.50	ダゾメットの主効果
D-D50 l		22.7	-21.80	D-Dの主効果
ダゾメット 20kg + D-D50 l		0.5	18.30	交互作用

注：クラン・コックスの実験計画法の計算による。

表34 D-D油剤とダゾメット粒剤の組み合わせにおける土壤の深さ別のセンチュウ防除効果

試験区	採土位置	キタネグサレセンチュウ数			自由生活性センチュウ数		
		処理前(2/IX)	処理後(9/IX)	収穫時(25/I)	処理前(2/IX)	処理後(9/IX)	収穫時(25/I)
ダゾメット粒剤10kg/10a	表層	24.0頭	0.0頭	10.7頭	422頭	52頭	202頭
	中層	28.3	6.0	10.3	366	149	133
	下層	25.3	5.7	9.7	274	112	95
D-D 15l/10a	表層	21.0	8.3	1.0	605	120	112
	中層	29.7	2.3	0.3	384	70	70
	下層	16.7	0.0	0.0	290	15	32
D-D 50l/10a	表層	24.0	1.3	0.3	515	33	136
	中層	16.7	0.7	0.7	457	26	136
	下層	12.3	0.0	0.0	317	8	40
ダゾメット 10kg/10a + D-D 15l/10a	表層	27.7	0.0	0.3	485	7	46
	中層	20.3	0.0	0.0	413	10	96
	下層	24.0	0.0	0.7	331	3	37
無処理	表層	25.7	18.3	14.0	519	648	221
	中層	24.7	20.7	14.3	421	471	132
	下層	18.0	10.7	8.3	303	264	106

注：採土位置は表層=0~10cm, 中層=10~20cm, 下層=20~30cm。

表34' 処理後センチュウ数に及ぼすD-D油剤とダゾメット粒剤の主効果と交互作用効果

試験区	センチュウ数	要因効果	要因
表層	無処理	18.3	(6.65) 平均値
	ダゾメット10kg	0.0	-13.30 ダゾメットの主効果
	D-D 15l	8.3	-5.00 D-Dの主効果
	ダゾメット10kg+D-D 15l	0.0	5.00 交互作用
中層	無処理	20.7	(7.25) 平均値
	ダゾメット10kg	6.0	-8.50 ダゾメットの主効果
	D-D 15l	2.3	-12.20 D-Dの主効果
	ダゾメット10kg+D-D 15l	0.0	6.20 交互作用
下層	無処理	10.7	(4.10) 平均値
	ダゾメット10kg	5.7	-2.50 ダゾメットの主効果
	D-D 15l	0.0	-8.20 D-Dの主効果
	ダゾメット10kg+D-D 15l	0.0	2.50 交互作用

注：コクラン・コックスの実験計画法の計算による。

油剤15l/10a, 両薬剤の併用処理, D-D油剤50l/10aおよび無処理の5区とした。ダゾメット粒剤およびD-D油剤は、1980年9月2日に処理した。併用処理区では、ダゾメット粒剤処理後、直ちにD-D油剤を処理した。処理7日後の9月9日に、小型管理作業機でガス抜きを行なった。ダイコンは、9月18日に播種し、1月

29日に収穫した。試験は、1区×12.6m²とし、3連制で実施した。

結果：土壤中のキタネグサレセンチュウ数と自由生活性センチュウ数の推移を、表34に示す。薬剤処理7日後のガス抜き直前（土壌を攪乱する前の状態）のキタネグサレセンチュウ数を見ると、ダゾメット粒剤10kg/10a

表35 D-D油剤とダゾメット粒剤の組み合わせにおけるダイコンの被害状況

試験区	処理薬量 (/10a)	被害度別分布の割合(%)					被害度 指 数	ダイコン 可販率
		0 (無)	1 (少)	2 (中)	3 (多)	4 (甚)		
ダゾメット	10kg	15	36	33	16	0	37.5	84%
D-D	15l	56	39	5	0	0	12.4	100
〃	50l	72	27	1	0	0	7.3	100
ダゾメット	10kg	77	22	1	0	0	6.1	100
+D-D	15l	—	—	—	—	—	—	—
無処理	—	9	30	46	15	0	41.6	85

表35' 被害度指数に及ぼすD-D油剤とダゾメット粒剤の主効果と交互作用効果

試験区	被害度指数	要因効果	要因
無処理	41.6	(24.4)	平均値
ダゾメット10kg	37.5	-5.20	ダゾメットの主効果
D-D15l	12.4	-30.30	D-Dの主効果
ダゾメット10kg+D-D15l	6.1	-1.10	交互作用

注: コクラン・コックスの実験計画法の計算による。

処理区では、表層では検出されないのに対し、中～下層では、5～6頭/50gが残っていた。一方、D-D油剤15l/10a処理区では、表層の残存数が多く、下層では検出されなかった。D-D油剤は、50l/10a処理区でも、表層にわずかながら残存が認められた。これらに対し、ダゾメット粒剤10kg/10aとD-D油剤15l/10aの併用処理区では、表層から下層まで、いずれもキタネグサレセンチュウは検出されなかつた。また、これら各処理区間の傾向は、自由活性性センチュウ数についてもほぼ同様であった。ダイコン収穫時のキタネグサレセンチュウ数は、ガス抜きや、その後の施肥管理によって土層が攪乱されているため、深さ別の密度には明瞭な傾向は認められなかつた。しかし処理区間では、表35に示したダイコンの被害度に対応した密度で、併用処理区の効果が最も高かつた。

3. D-D油剤とS-4120粒剤の併用処理効果

方法：試験区は、S-4120粒剤の10および20kg/10a、D-D油剤の15および50l/10a、S-4120粒剤10kg/10aとD-D油剤15l/10aの併用処理、および無処理とした。薬剤は、1981年9月2日に処理した。なお、併用区は、粒剤処理後、直ちにD-D油剤を注入した。D-D油剤処理区は9月11日と18日にガス抜きを行なつた。ダイコンは、9月18日に播種し、1月26日に収

穫した。試験は、1区10m²とし、3連制で実施した。

結果：土壤中のキタネグサレセンチュウ数と、自由活性性センチュウ数の推移を、表36に示す。S-4120粒剤20kg/10aは、キタネグサレセンチュウに対し、土壤の表層～中層部では高い防除効果を示したのに対し、薬剤が混和されていない下層部では、効果が劣つた。また、10kg/10a処理も同様な傾向を示したが、全体に20kg/10a処理に比べて効果は劣つた。一方、このS-4120粒剤は、自由活性性センチュウには、ほとんど殺センチュウ効果を示さなかつた。D-D油剤は、50l/10a処理で、全層に渡り高い防除効果を示した。しかし、15l/10a処理では効果が劣り、とくに自由活性性センチュウ数で顕著なように、表層部の防除効果が低かつた。D-D油剤15l/10aとS-4120粒剤10kg/10aの併用処理は、それぞれの単独処理に比べて、各層ともに多少とも高い防除効果を示した。しかし交互作用の値はプラスで大きいことから（表36'），併用の意味は少なく、D-D油剤の50l/10a処理に比べるとやや劣つた。

ダイコンの被害は、表37に示すとおりである。処理前のキタネグサレセンチュウ密度は全体に低く、被害は無処理区でも少なかつた。このため、処理区間差は明瞭でなかつたが、S-4120粒剤10kg/10a処理区は、他の処理区に比べて明らかに劣つていた。

表36 D-D油剤とS-4120粒剤の併用処理による土壤の深さ別防除効果

試験区	採土位置	キタネグサレセンチュウ数			自由生活性センチュウ数		
		処理前 (2/IX)	処理後 (11/IX)	補正密度指數	処理前 (2/IX)	処理後 (11/IX)	補正密度指數
S-4120 20kg/10a	表層	5.7頭	0.3頭	4.0	228頭	141頭	71.9
	中層	5.7	0.7	7.9	167	168	80.5
	下層	3.7	1.7	35.2	197	106	33.5
S-4120 10kg/10a	表層	8.3	1.3	12.0	148	106	83.4
	中層	8.0	2.3	18.5	77	112	116.7
	下層	13.3	8.0	46.1	135	152	74.6
D-D 50l/10a	表層	11.0	0.3	2.1	235	5	2.5
	中層	13.3	0.0	0.0	135	4	2.4
	下層	7.0	0.3	3.3	158	2	0.8
D-D 15l/10a	表層	3.3	1.3	30.1	158	31	23.0
	中層	7.0	1.3	12.0	185	14	5.9
	下層	6.0	1.7	21.3	173	15	5.6
S-4120 10kg/10a + D-D 15l/10a	表層	8.7	0.7	6.1	217	12	6.6
	中層	5.3	1.3	15.8	100	14	11.4
	下層	9.3	1.7	14.0	112	63	37.1
無処理	表層	12.0	15.7	100.0	342	294	100.0
	中層	15.0	23.3	100.0	250	314	100.0
	下層	25.3	33.0	100.0	183	277	100.0

注：採土位置は表層=0~10cm, 中層=10~20cm, 下層=20~30cm.

表36' 補正密度指數に及ぼすD-D油剤とS-4120粒剤の主効果の交互作用効果

試験区	補正密度指數	要因効果	要因
表層	無処理	100.0	(37.05) 平均値
	S-4120 10kg	12.0	-56.00 S-4120の主効果
	D-D 15l	30.1	-37.90 D-Dの主効果
	S-4120 10kg + D-D 15l	6.1	32.00 交互作用
中層	無処理	100.0	(36.58) 平均値
	S-4120 10kg	18.5	-38.85 S-4120の主効果
	D-D 15l	12.0	-45.35 D-Dの主効果
	S-4120 10kg + D-D 15l	15.8	42.65 交互作用
下層	無処理	100.0	(45.35) 平均値
	S-4120 10kg	46.1	-30.60 S-4120の主効果
	D-D 15l	21.3	-55.40 D-Dの主効果
	S-4120 10kg + D-D 15l	14.0	23.30 交互作用

注：ロクラン・ロックスの実験計画法の計算による。

表37 D-D油剤とS-4120粒剤の併用処理によるダイコンの被害状況

試験区	処理薬量 (/10a)	被害度別分布の割合 (%)					被害度指 指数	ダイコン可販率
		0 (無)	1 (少)	2 (中)	3 (多)	4 (甚)		
S-4120	20kg	89	11	0	0	0	2.7	100%
"	10kg	69	14	12	5	0	13.1	95
D-D	50l	92	8	0	0	0	2.1	100
"	15l	89	8	3	0	0	3.8	100
S-4120	10kg	87	10	3	0	0	4.0	100
+D-D	15l	—	—	—	—	—	—	—
無処理	—	34	34	29	3	0	25.3	97

表37' 被害度指数に及ぼすD-D油剤とS-4120粒剤の主効果と交互作用効果

試験区	被害度指数	要因効果	要因
無処理	25.3	(11.55)	平均値
S-4120 10kg	13.1	- 6.00	バスアミドの主効果
D-D 15l	3.8	-15.30	D-Dの主効果
S-4120 10kg+D-D 15l	4.1	6.20	交互作用

注: コクラン・コックスの実験計画法の計算による。

表38 D-D(92%)油剤とオキサミル粒剤の併用処理(1)による防除効果

試験区	処理薬量 (/10a)	採土位置	キタネグサレセンチュウ数				補正密度指 数
			処理前 (5/IX)	処理後 (17/IX)	補正密 度指 数	収穫時 (9/XII)	
D-D(92%)	30l	表層	頭	2.7頭	1.7	頭	3.7
		中層	50.3	2.0	2.8	3.0	
		下層		0.0	0.0		
オキサミル	40kg	表層		33.0	41.7		44.5
		中層	52.0	8.3	12.0	35.0	
		下層		15.0	44.0		
D-D(92%) +	15l	表層		1.0	1.9		18.6
		中層	47.7	1.7	3.6	6.3	
オキサミル	20kg	下層		0.0	0.0		
無処理	—	表層		62.0	100.0		100.0
		中層	48.0	58.3	100.0	76.7	
		下層		34.3	100.0		

注: 補正密度指数は、表14参照。

採土位置は表層=0~10cm, 中層10~20cm, 下層=20~30cm。

表39 D-D (92%) 油剤とオキサミル粒剤の併用処理(1)によるダイコンの被害状況

試験区	処理薬量 (/10a)	被害度別分布の割合 (%)					被害度指數	ダイコン可販率
		0 (無)	1 (少)	2 (中)	3 (多)	4 (甚)		
D-D (92%)	30 l	83	17	0	0	0	4.2	100%
オキサミル	40kg	57	41	2	0	0	11.1	100
D-D (92%) + オキサミル	15 l 20kg	83	17	0	0	0	4.2	100
無処理	—	13	31	35	19	2	41.2	79

4. D-D (92%) 油剤とオキサミル粒剤の併用処理

効果(1)

方法：試験区は、D-D (92%) 油剤の30 l / 10a, オキサミル粒剤40kg / 10a, D-D (92%) 油剤の15 l / 10a とオキサミル粒剤20kg / 10a の併用処理および無処理とした。薬剤は、1984年9月5日に処理した。併用区は、オキサミル粒剤処理後、直ちにD-D (92%) 油剤を注入した。なお、薬剤処理時に土壤が乾燥していたため、処理後約10mmの散水を行なった。D-D (92%) 油剤を処理した区は、9月17日と21日にガス抜きを行なった。ダイコンは、9月21日に播種し、12月19日に収穫した。試験は、1区4.37m²で、3連制とした。

結果：土壤中のキタネグサレセンチュウ数の推移を、表38に示す。D-D (92%) 油剤の30 l / 10a 処理は、高い防除効果を示し、とくに下層部(20~30cm)でその効果が顕著であった。オキサミル粒剤40kg / 10a 処理は、中層部(10~20cm)では防除効果が高かったものの、表層と下層では劣った。併用処理は、D-D (92%) 油剤の30 l / 10a とほぼ同様な防除効果を示した。

ダイコンの被害状況は、表39に示すとおりである。D-D (92%) 油剤の30 l / 10a 区と併用処理区は、安定した防除効果を示した。これに対し、オキサミル粒剤40kg / 10a 処理は、被害率が高く、やや効果が劣った。しかし、ダイコン可販率から見て、実用性の点では効果

が認められた。

5. D-D (92%) 油剤とオキサミル粒剤の併用処理

効果(2)

方法：試験区は、D-D (92%) 油剤の30 l / 10a, オキサミル粒剤40kg / 10a, D-D (92%) 油剤の20 l / 10a とオキサミル粒剤20kg / 10a の併用処理、および無処理とした。D-D (92%) 油剤は、1985年8月27日に処理し、オキサミル粒剤は9月17日に処理した。D-D (92%) 油剤のガス抜きは、9月17日に行なった。ダイコンは、9月21日に播種し、12月26日に収穫した。試験は、1区30m²で、反復はとらなかった。

結果：土壤中のキタネグサレセンチュウ密度の推移を表40に示す。D-D (92%) 油剤の30 l / 10a 処理は、

表40 D-D (92%) 油剤とオキサミル粒剤の併用処理(2)による防除効果

試験区	処理薬量 (/10a)	キタネグサレセンチュウ数			補正密度指数
		処理前 (27/VIII)	処理後 (26/XII)	補正密度指数	
D-D (92%)	30 l	62頭	3頭	5.9	
オキサミル	40kg	53	52	119.0	
D-D (92%) + オキサミル	20 l 20kg	114	16	17.0	
無処理	—	94	75	100.0	

注：補正密度指数は、表14参照。

表41 D-D (92%) 油剤とオキサミル粒剤の併用処理(2)によるダイコンの被害状況

試験区	処理薬量 (/10a)	被害度別分布の割合 (%)					被害度指數	ダイコン可販率
		0 (無)	1 (少)	2 (中)	3 (多)	4 (甚)		
D-D (92%)	30 l	12	42	44	2	0	34.0	98%
オキサミル	40kg	4	47	45	4	0	37.2	96
D-D (92%) + オキサミル	20 l 20kg	0	51	47	2	0	37.7	98
無処理	—	0	10	22	44	24	70.5	32

キタネグサレセンチュウに対して高い防除効果を示した。オキサミル粒剤40kg/10a処理は、土壤中のキタネグサレセンチュウ数では無処理と同等で、全く防除効果が認められなかった。しかし、ダイコンの被害防止効果は表41に示すようにD-D(92%)油剤の30l/10aとほぼ同等であった。D-D(92%)油剤とオキサミル粒剤の併用処理は、キタネグサレセンチュウの防除効果では、D-D(92%)油剤の30l/10aに劣るもの、ダイコンの被害はこれと同等であった。

6. D-D(92%)油剤とオキサミル粒剤の併用処理効果(3)

試験区は、D-D(92%)油剤の20l/10a、オキサミル粒剤40kg/10a、D-D(92%)油剤の20l/10aとオキサミル粒剤20kg/10aの併用処理、および無処理区とした。D-D(92%)油剤は、1985年9月4日に、オキサミル粒剤は9月18日に処理した。D-D(92%)油剤のガス抜きは9月11日と9月18日の2回行なった。ダイコンは、9月18日に播種し、1月16日に収穫した。試験は、1区7.5m²で3連制とした。

結果：土壤中のキタネグサレセンチュウ数の推移を、

表42 D-D(92%)油剤とオキサミル粒剤の併用処理(3)による防除効果

試験区	処理薬量 (/10a)	キタネグサレセンチュウ数			補正密度指 数
		処理前 (29/畠)	処理後 (27/IX)	度指 数	
D-D(92%)	20l	45.7頭	3.3頭	7.3 b	
オキサミル	40kg	48.7	8.3	15.6 c	
D-D(92%) + オキサミル	20l 20kg	49.3	1.3	2.1 a	
無処理	—	35.3	37.3	100.0 d	

注：アルファベットは、異記号間でダンカンの多重検定(値を角変換)による5%有意差を示す。

補正密度指数は、表14参照。

表42に示す。D-D(92%)油剤の20l/10a処理は、オキサミル粒剤40kg/10aよりやや高い防除効果を示した。D-D(92%)油剤の20l/10aとオキサミル粒剤20kg/10aの併用処理は、D-D(92%)油剤の20l/10a処理と同等か、やや優れた防除効果を示した。

ダイコンの被害状況は、表43に示すとおりである。D-D(92%)油剤の20l/10a処理は、オキサミル粒剤40kg/10a処理と比べると、被害度指數では同等の効果であった。しかし、被害度別分布の割合を見ると、被害度2に約34%が集中していた。これに対し、オキサミル粒剤40kg/10a処理では、被害度が1～3に分散し、防除効果にはばらつきが大きいことを示した。D-D(92%)油剤とオキサミル粒剤の併用処理は、防除効果が安定して、ダイコンの可販率は最も高くなかった。

7. 考 察

キタネグサレセンチュウの防除における、D-D剤の欠点は、本研究の結果からも明らかなように、土壤表面部の効果不足である。D-D剤の土壤中の拡散や、その効果については、いくつかの報告(31, 66, 84)があるが、とくに、土壤孔隙量の多い火山灰土壤では、その効果が不安定とされている。一方、粒型の薬剤は、土壤との混和処理を行なうため、その処理層は、テラーラや、トラクターのロータリー耕で土壤と攪はんできる、表層15～20cmの深さに限られる。このため、20cm以下の深いところでの防除効果が劣ることになる。

剤型や作用性の異なる2種類の薬剤を併用処理する方法は、それらの薬剤の欠点を相互に補完する形で、防除効果を安定させるものと考えられる。D-D油剤とダグメット粒剤の併用では、それぞれの薬量を、標準の施用量の1/2以下にしても、組み合わせの効果によって、安定した高い効果が得られ、経済的にも有効な方法と考えられた。また、D-D(92%)油剤とオキサミル粒剤の組み合わせでも、それぞれの1/2の薬量で実用的な効果が得

表43 D-D(92%)油剤とオキサミル粒剤の併用処理(3)によるダイコンの被害状況

試験区	処理薬量 (/10a)	被害度別分布の割合(%)					被害度 指 数	ダイコン 可販率
		0 (無)	1 (少)	2 (中)	3 (多)	4 (甚)		
D-D(92%)	20l	0	11	74	15	0	50.8 b	85%
オキサミル	40kg	0	36	36	26	2	48.9 b	72
D-D(92%) + オキサミル	20l 20kg	1	61	36	2	0	34.7 a	98
無処理	—	0	0	11	45	44	80.0 c	11

注：アルファベットは、異記号間でダンカンの多重検定(値を角変換)による5%有意差を示す。

られた。タゾメット粒剤と、オキサミル粒剤は、その作用性が異なり、前者は土壤中でガス化して殺センチュウ効果を示すくん蒸剤であるのに対し、後者は接触型の薬剤である。このため、タゾメット粒剤とD-D油剤の併用では、それぞれの薬剤の有効範囲が異なって、役割を分担することによる効果が現われたと考えられる。

第6節 殺センチュウ剤などの土壤処理がダイコンの横縞症発生に及ぼす影響

ダイコンの根部表面に生ずる横縞症については、柏木ら(55)が、徳島県産のダイコンについて検討し、*Rhizoctonia*菌による病害として報告されている。三浦半島で栽培されているダイコンでも横縞症の発生は多く、商品価値を低下させる要因の一つになっている(37)。その症状は、図版に示すように根の表皮組織の一部が細く横縞状に黒変するものである。この黒変する部位は、主根の両側に縦に並んで生ずる側根の、それぞれの付け根の部分に、線状にやや盛り上がった組織に限られる。

三浦半島の農家の間では、この横縞症状が、D-D剤など、殺センチュウ剤の処理によって増加するといわれている。このため、その発生要因を明らかにし、併せて防除対策について検討した。

1. D-D油剤処理と横縞症の発生

方法：D-D油剤処理が、横縞症の発生に及ぼす影響を知ると共に、薬剤処理日とダイコンの播種日を同一にして、ガス抜きの時期や有無による差を明らかにする目的で試験区を設定した。1973年9月8日に、D-D油剤50l/10aを処理し、9月17日にダイコンを播種した。試験区は、9月13日ガス抜き区、9月15日ガス抜き区およびガス抜きを行なわない区とし、D-D油剤の無処理区と比較した。ダイコンは、2月21日に収穫し、水洗して横縞症状の有無およびその発生程度を調査した。横縞症の発生程度は、症状を無、微、少、中、多に分類し、それそれに0~4の階級値をあたえて、センチュウの被害度と同様な指數算出式によって被害度指数で表示した。なお、試験は、1m×12.25m²の3連制で実施した。

結果：結果を表44に示す。D-D油剤処理区は、いずれも無処理区に比べて横縞症が多発し、その影響は顕著であった。D-D油剤処理区では、ガス抜きの有無や、時期による差は認められなかった。

2. D-D油剤のガス抜きと横縞症の発生

方法：D-D油剤処理による、横縞症の発生が、ガス抜きの不足によるものとの想定から、主としてガス抜きの回数について検討した。D-D油剤50l/10aを、

方、D-D(92%)油剤とオキサミル粒剤の組み合わせでは、D-D(92%)油剤不足する効果を、オキサミル粒剤の静センチュウ作用などで補っているものと考えられる。S-4120粒剤とD-D油剤の併用処理効果は、オキサミル粒剤とD-D(92%)油剤の併用処理と同じ作用によるものと考えられる。

表44 D-D油剤処理後のガス抜き時期と横縞症の発生

試験区	横縞症		同	左
薬剤処理日	ガス抜き日	播種日	発生株率	発生指數
9月8日	9月13日	9月17日	62.3% B	35.7 B
"	9月15日	"	59.3 B	34.3 B
"	なし	"	65.3 B	37.2 B
無処理	—	"	9.8 A	9.0 A

注：アルファベットは、異記号間で LSD法（値を角変換）による1%有意差を示す。

表45 D-D油剤処理後のガス抜きおよび播種時期と横縞症の発生

試験区	横縞症		同	左
薬剤処理日	ガス抜き日	播種日	発生株率	発生指數
9月9日	なし	9月14日	49.1% B	15.9 B
"	"	9月15日	51.8 B	19.0 B
"	"	9月16日	45.9 B	16.2 B
"	9月14日	9月15日	57.3 B	21.5 B
"	9月14, 15日	9月16日	49.6 B	22.4 B
"	9月14, 15, 16日	9月17日	52.1 B	18.6 B
無処理	—	9月14日	15.1 A	3.7 A

注：アルファベットは、異記号間で LSD法（値を角変換）による1%有意差を示す。

1974年9月9日に処理し、表45の試験区に示すようなガス抜きおよびダイコンの播種日を設定した。ダイコンは、2月4日に収穫し、前記の試験と同様な方法で、横縞症の発生を調査した。試験は、1m×8m²で、3連制とした。

結果：結果を、表45に示す。D-D油剤処理区は、いずれも無処理区に比べて顕著に横縞症が多発した。D-D油剤処理区では、ガス抜きの有無またはその回数の違いによって、横縞症の発生率に差は認められなかった。これらの試験区は、D-D油剤処理後ダイコン播種

までの期間が、5～8日と短いことから、短期間でガス抜き回数を多くしても、D-D油剤の影響を除去できないことを示すものと考えられる。

3. D-D油剤およびD-D・メチルイソチオシアネート油剤の処理期間とガス抜き回数の影響

方法：前記のD-D油剤処理法試験では、ガス抜きの有無や、その回数の違いによる横縞症の発生に差が認められなかった。しかしD-D油剤処理による横縞症の増加は、なんらかの薬害的現象と考えられた。そこで、薬剤の処理日から、ダイコン播種までの期間を、1、2および3週間と拡げ、1週ごとにガス抜きを行なう設計で検討した。供試薬剤には、D-D油剤のほかにD-D・メチルイソチオシアネート油剤を加えた。なお、薬剤処理後の日数と、土壤中における薬剤の残留量の関係を知るために、7日間隔で次の方法による生物検定を行なった。各試験区に深さ40cm以上の穴を掘り、地表から10cm間隔で土壤を採取して直ちに容積500ccのマヨネーズ瓶の半分まで充填した。これに、あらかじめ竹串に脱脂綿を巻いて湿らせ、コショウソウ (*Lepidium sativum*) の種子各10粒を付着させたものを立てて二重蓋をし、24時間後の発根状況を調査した。調査方法は、根長を5段階の指数（0=発根なし、1=種子の長径より短い、2=種子の長径とほぼ等長、3=種子の長径の2倍未満、4=種子の長径の2倍以上）で調査し、線虫の被害度と同様の指數算出方式によって、発根指數を算出した。

ダイコンは、1976年9月18日に播種し、翌年の2月2日に収穫して横縞症の発生状況を調査した。試験は、1区12m²で、3連制とした。

結果：横縞症の発生状況を、表46に示す。D-D油剤処理区では、9月3日処理と9月10日処理の間に差は認められず、明らかに無処理区より高い発生株率および発生指數となつた。しかし、最も早い8月27日処理区は、無処理区と同程度の発生であった。D-D・メチルイソチオシアネート油剤の30l/10aおよび40l/10a処理区も、D-D油剤と同様な傾向を示し、9月3日処理区では発生率が高く、8月27日処理区では無処理区と差がなかった。

コショウソウの発芽指數で調査したD-D油剤およびD-D・メチルイソチオシアネート油剤の、処理からダイコン播種までの相対的な残留状況を表47および図10に示す。コショウソウの発芽指數が低いほど、薬剤の残留が多いことを示している。D-D油剤では、処理1または2日後には、地表から30cmの深さまで薬剤の到達が認められた。8または9日後には、20～30cmの層位に残留が認められたが、15日後以降には、各層位とも、ほとんど検出されなかつた。一方、D-D・メチルイソチオシアネート油剤は、処理1または2日後には、薬剤処理位置（深さ15cm）から、上、下層への拡散が認められるが、30～40cmの層位までは到達していない。8または9日後には、30～40cmの層で検出され、地表部から残留量が減少し始める。以後、順次下層へと減少が進み、22日後には、30～40cmの層位に、わずかに残留する程度となつた。

4. 各種殺センチュウ剤の影響

方法：D-D油剤や、D-D・メチルイソチオシアネート油剤処理によって増加する横縞症について、薬剤の成分との関係を検討する目的で、各種の薬剤を検討した。供試した薬剤は、D-D油剤50l/10aおよびD-D・メチルイソチオシアネート油剤20l/10aのほか、メチルイソチオシアネート(20%)油剤20～40l/10a、

表46 D-D油剤およびD-D・メチルイソチオシアネート油剤の処理時期と横縞症の発生

試験	区		横縞症	
供試薬剤	薬剤処理日	播種日	発生株率	発生指數
D-D 50l/10	8月27日	9月18日	17.7% a	5.5 a
"	9月3日	"	36.2 c	13.2 b
"	9月10日	"	40.4 c	12.3 c d
D-D・メチルイソチオシアネート 30l/10a	8月27日	"	21.6 a	6.8 a
"	9月3日	"	31.5 b c	11.8 b
D-D・メチルイソチオシアネート 40l/10a	8月27日	"	24.4 a b	8.0 a b c
"	9月3日	"	33.2 b c	12.1 c d
無処理	—	"	24.7 a b	7.0 a

注：アルファベットは、異記号間で LSD法（値を角変換）による5%有意差を示す。

表47 薬剤処理後の経過日数とコショウソウの発芽指數

供試薬剤	薬剤処理日	土壌の深さ	薬剤処理後の経過日数			
			1~2日	8~9日	15日	22日
D-D油剤 50 l/10a	8月 27日	10cm	90%	100%	97%	
		20cm	81	98	92	
		30cm	78	99	92	
		40cm	88	98	91	
D-D・メチルイソチオシアネート混合油剤 30 l/10a	9月 3日	10cm	0%	100	94	
		20cm	0	89	98	
		30cm	3	54	96	
		40cm	83	94	83	
D-D・メチルイソチオシアネート混合油剤 40 l/10a	9月 10日	10cm	13	96		
		20cm	0	96		
		30cm	0	86		
		40cm	98	93		
D-D・メチルイソチオシアネート混合油剤 30 l/10a	8月 27日	10cm	13	100	90	
		20cm	0	100	94	
		30cm	0	33	90	
		40cm	0	0	66	
D-D・メチルイソチオシアネート混合油剤 40 l/10a	9月 3日	10cm	21	99	95	
		20cm	0	0	95	
		30cm	3	0	63	
		40cm	83	1	1	
D-D・メチルイソチオシアネート混合油剤 40 l/10a	8月 27日	10cm	54	99	91	
		20cm	0	68	96	
		30cm	0	33	64	
		40cm	43	13	56	
D-D・メチルイソチオシアネート混合油剤 30 l/10a	9月 3日	10cm	0	0	95	
		20cm	0	0	92	
		30cm	30	0	31	
		40cm	78	9	0	

注：無処理区の発芽指数は、9月5日=97%，11日=100%，18日=96%，土壌の深さは、10cmが0~10cmを、20cmが10~20cmを示す。

メチルイソチオシアネート(30%)油剤20~30 l/10aおよびD-D(92%)油剤30 l/10aとした。薬剤は、1978年9月1日に処理し、直ちに水封した。9月8日および15日に、小型管理作業機のロータリー耕でガス抜きを行ない、9月21日にダイコンを播種した。ダイコンは、翌年の2月14日に収穫し、前記試験と同様に、横縞症の発生状況を調査した。試験は、1×10m²で3連制で実施した。

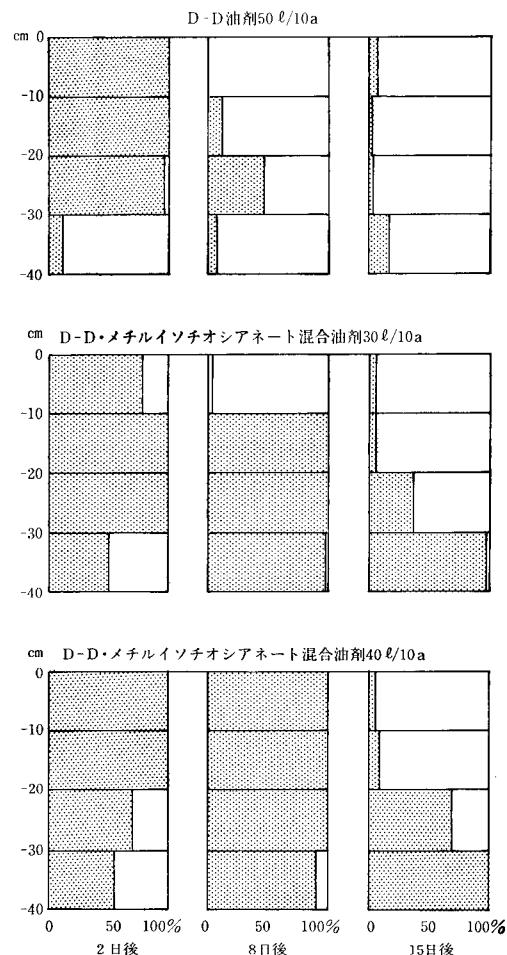


図10 9月3日処理区のD-Dおよびデイ・トラベックスの土壌中の深さ別消長(コショウソウの不発芽率)

結果：結果を表48に示す。本試験では、無処理区の横縞症の発生程度が高かった。D-D油剤およびD-D(92%)油剤の処理区は、指数ではD-D(92%)油剤区がやや低かったが、無処理区とほぼ同等の発生株率であった。これは、薬剤処理後、ダイコン播種までの日数が20日間で、ガス抜きも十分であったためと考えられた。一方、D-D・メチルイソチオシアネート油剤、メチルイソチオシアネート20%油剤およびメチルイソチオシアネート30%油剤の処理区では、無処理区に比べて低い発生率となった。中でも、薬量の多いメチルイソチオシアネート20%油剤の40 l/10aと、30%油剤の30 l/10a処理区では、顕著に横縞症が減少し、その防除効果が認められた。

表48 殺センチュウ剤処理と横縞症の発生

供試薬剤	処理薬剤 $l/10\text{a}$	横縞症 発生株率	同左 発生指數
D-D	50	58.1 e	19.7 f
D-D (92%)	30	43.2 c d	12.7 d
D-D・メチルイソチオシアネート	20	39.3 b c	14.5 d e
メチルイソチオシアネート(20%)	20	32.2 b c	11.5 c d
"	30	14.7 a	4.8 a b
"	40	14.3 a	5.3 a b
メチルイソチオシアネート(30%)	20	28.2 b	8.4 b c
"	30	6.7 a	1.7 a
無処理	—	54.6 d e	18.0 e f

注：アルファベットは、異記号間で LSD 法（値を角変換）による 5%有意差を示す。

5. D-D油剤処理とベノミル水和剤処理の組み合わせ

方法：D-D油剤処理によって増加する横縞症と、無処理区で発生し、メチルイソチオシアネートなどの殺菌力のある薬剤の処理によって減少する横縞症の関係を明らかにする目的で、下記の試験区を設定した。1975年9月5日に、D-D油剤50 l/10 aを処理し、9月10日と16日にガス抜きをした区、9月10日にD-D油剤50 l/10 aを処理し、ガス抜きを行なわない区、後者にベノミル水和剤1,000倍液を間引き直後に灌注処理した区、ベノミル水和剤の灌注処理のみの区および無処理の5区とした。ベノミル水和剤は、10月21日にダイコンを間引いたあと、薬液3.8 l/m²を、如雨露で葉上から灌注した。ダイコンは、9月19日に播種し、翌年の2月24日に収穫して横縞症の発生状況を調査した。試験は、1 m × 15.8 m²の3連制で実施した。

結果：結果を表49に示す。横縞症は、無処理区に比べベノミル水和剤灌注処理区で顕著に減少し、防除効果が認められた。一方、D-D油剤処理区は、いずれも高い横縞症の発生率となった。D-D油剤処理区間では、処理後ダイコン播種までの期間を14日とし、2回ガス抜きを行なった区が、処理後9日でダイコンを播種し、ガス抜きを行なわなかった区に比べて低い発生率であった。また、D-D油剤とベノミル水和剤の併用処理区は、D-D油剤の単用処理区に比べて発生指數が低くなつた。

6. 考 察

三浦半島では、多くの農家は場で横縞症の発生が認められる。その発生程度は様々であるが、大被害になることは少ない。しかし、排水の悪いほ場や、いわゆる谷川のような、低地の栽培環境が不適なほ場では、発生が多いといわれている。また、殺センチュウ剤のD-D油剤を処理すると、横縞症が増加するといわれており、本試験の結果からもその現象が確認された。これらは、いずれも症状の程度によっては、キタネグサレセンチュウの被害と同様に、ダイコンの商品価値を低下させることから、その対策は重要となる。

本試験で認められた横縞症のうち、殺センチュウ剤を処理しない無処理区で発生している症状は、メチルイソチオシアネート油剤やベノミル水和剤の処理によって減少する。このため、その原因は糸状菌によるものと推察される。柏木ら(55)は、*Rhizoctonia* 菌による横縞症を報告しており、これと同一と考えられる。一方、D-D油剤やD-D・メチルイソチオシアネート油剤の処理は、処理後1~2週間以内にダイコンを播種すると横縞症が増加するのにに対し、3週間おいて播種すれば無処理と差がなくなる。コショウソウを用いた薬剤の残留程度の経過調査では、D-D油剤は、比較的短期間で芽芽障

表49 D-D油剤およびベノミル水和剤処理と横縞症の発生

試験区	横縞症	同左 発生指數			
供試薬剤	処理薬量	薬剤処理日	播種日	発生株率	同左 発生指數
D-D	50 l/10 a	9月5日	9月19日	38.0% c	14.6 c
"	50 l/10 a	9月10日	"	54.2 d	22.3 d
ベノミル	3.8 l/m ²	10月21日	"	5.0 a	1.3 a
D-D	50 l/10 a	9月10日	"	44.2 c d	14.8 c
+ベノミル	3.8 l/m ²	10月21日	"	20.8 b	6.5 b
無処理	—	—	"		

注：アルファベットは、異記号間で LSD 法（値を角変換）による 5%有意差を示す。

害が消失しているが、生物検定による検出限界以下の残留は、当然考えられる。いずれにしても、薬剤処理後の時間の経過と共に土壤中の薬剤が減少し、ある時点で横縞症の増加に対する影響が失われる。これらの点から、薬剤処理によって発生する横縞症は、ダイコンの表皮部にある白い横縞状の組織が、特異的に薬剤の影響を受けて黒変する、一種の薬害症状であると推察される。なお、横縞症の増加は、これらの薬剤のほか、クロルビクリンやエクロメゾールの土壤処理でも認めており(96)、いずれも塩素を含有する薬剤である点から、その影響が考えられる。また、これら薬剤処理によって生じた横縞症からは、P S A 培地を用いた通常の分離法によって、*Alternaria* 属菌が高率で分離される。本菌は、ダイコンへの直接有傷接種によって、組織表面部を黒変させる

第7節 考

植物寄生性センチュウに対する、殺センチュウ剤の利用は、我が国では、1948年から登場したD-D剤に始まると言えよう。それ以前の防除は、石灰窒素、ホルマリン、石灰硫黄合剤など、一見して十分な効果の期待できないものであった。三浦半島では、ネコブセンチュウを対象として、EDB剤を中心に防除が行なわれていたが、キタネグサレセンチュウの被害が顕在化してから、D-D剤も用いられるようになった(7, 8)。これらの薬剤も、キタネグサレセンチュウに対しては、薬剤感受性が低い(9, 10, 15)こともあって、必ずしも十分な効果をあげられないことが多く、効果を高めるためには、単位面積あたりの施用薬量を増やすのが、実際にできる唯一の方法であった。

このような状況の中で登場した、メチルイソチオシアネート系の薬剤は、本研究の結果が示すように、その安定したキタネグサレセンチュウに対する防除効果から、広く現地でも使用されるようになった。しかし、これら

ことから、薬害による横縞症の発現に関与している可能性が浮上された。

このように、横縞症には、2種類の発生要因があり、一方はペノミル水和剤で減少し、一方はD-D油剤処理で増加する。D-D油剤処理で増加した症狀は、ペノミル水和剤を処理しても減らすことができず、病害によって発生したと考えられる症狀の減少にとどまる。すなわち、D-D油剤処理で見られる横縞症は、病害と薬害症狀の併発したもので、薬害に対しては、ペノミルの効果がないと考えられる。実用的には、D-D油剤処理による薬害の発生を防ぐために、処理後、ダイコン播種までの期間を3週間程度とし、ガス抜きを2回以上行なう必要があろう。

察

のメチルイソチオシアネート系薬剤は、価格が高いことや、その後カーバム剤などが食用作物での登録を失効したこともある。現在では、D-D・メチルイソチオシアネート油剤が一部利用されているに過ぎない。このため、現在も三浦半島の防除薬剤の主流はD-D剤である(表1参照)。三浦半島のダイコン栽培の歴史の中で、このD-D剤の果たして来た役割は大きく、その有効利用技術の開発は重要な課題である。D-D剤の防除効果を安定させるため、ダズメット粒剤や、オキサミル粒剤との併用処理を検討したところ、実用的な技術となることが明らかとなった。また、オキサミル粒剤に代表される接触型の薬剤は、従来のくん蒸剤に替わって、今後その重要性を増すものと考えられる。その作用性については、これまでに知られていないかった、侵入阻止効果なども認められ、今後の利用にあたって、より細密な作用機構などを検討する必要があろう。

第5章 有機物の施用によるキタネグサレセンチュウの防除

本章では、ダイコンのキタネグサレセンチュウを防除する上での、補助的手段として有機物の利用を位置づけ、それ自体でセンチュウを防除するのではなく、センチュウの増殖を抑制するための有効な資材の検索と利用法を検討した。

第1節 有機質資材の検索

1. 各種有機質資材の検索

方法：場内のキタネグサレセンチュウ発生は場で、1968年5月から1971年2月まで、3か年につき試験を継続して行なった。供試した資材は、稲藁堆肥、おが屑堆肥、コンポスト（三浦市の都市塵埃を発酵処理したもの）、牛糞堆肥、キャベツ外葉（春キャベツの収穫残さ）、コンポスト+VS34（V・S科工KKの発酵補助剤）などとした。各種資材は、スイカ作付け前（5月）とダイコン播種前（9月）の年2回、10aあたり1tを施用した。ただし、キャベツ外葉は年1回、5月に2tをまとめて施用した。作付け作物は、スイカ、ダイコンおよび春キャベツとし、三浦半島の慣行作付け体系に準じて栽培した。ダイコン（在来三浦）は、畦幅60cm、株間30cmで、毎年9月に播種し、2月に収穫調査を行なった。調査は、ダイコンの被害および土壌中のキタネグサレセンチュウ数について行ない、キタネグサレセンチュウ密度は、ダイコン以外の作物でも調査した。試験は、1区21m²とし、4連制で実施した。

結果：土壌中のキタネグサレセンチュウ密度の推移を、各調査日の無堆肥区に対する補正密度指数に換算し

て、図11に示す。いずれの資材も、無堆肥区に比べて密度は低下し、中でも、牛糞堆肥やコンポスト+VS34の効果が顕著であった。ダイコンの被害度指数は、図12に示すように、年によって変動があるが、キタネグサレセンチュウ密度と同様に牛糞堆肥、コンポストVSや、稲藁堆肥区で低い傾向が認められる。2年目および3年目の被害度指数を、初年度に対する補正值に換算すると、図13に示すようにその傾向がはっきりと示された。この結果から、各種の有機物資材を施用すると、それらを施

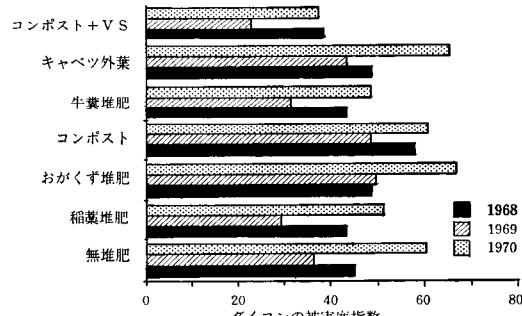


図12 各種有機質資材の施用とダイコンの被害度指数の推移

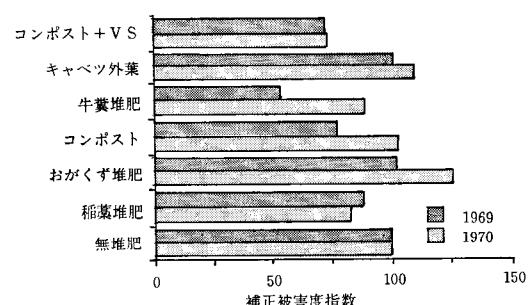


図13 各種有機質資材の施用とダイコンの補正被害度指数の推移

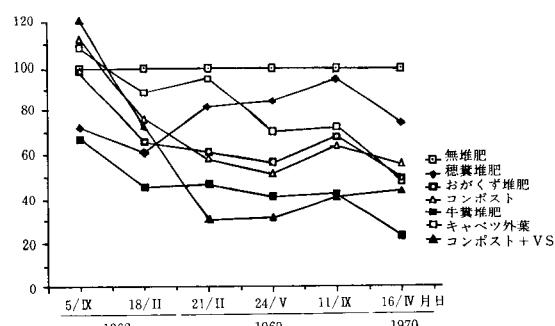


図11 各種有機質資材の施用と土壌中のキタネグサレセンチュウ密度の推移（補正密度指数）

用しない場合に比べて、キタネグサレセンチュウの土壤中密度を抑制し、多少とも被害を軽減する効果があることが明かとなった。

2. 米糠と発酵菌の組み合わせ

方法：あらかじめ、インゲンでキタネグサレセンチュウを増殖した土壤を12cmの腰高シャーレに400gずつ入れ、VS34(VS)またはコーラン(KR)(香蘭産業KK)の土壤酵素活性剤、有機物発酵腐熟促進剤を1~2g加えた区、あるいはこれに発酵基質として米糠(RB)を加えた区を設け、米糠のみを1~2g加えた区を対照とした。シャーレは、蓋をして20°Cの定温器内に置き、30日後にベルマン法でキタネグサレセンチュウ数および総センチュウ数を調査した。

結果：処理前のキタネグサレセンチュウ密度は、409頭/25gであった。処理30日後のキタネグサレセンチュウ密度は、図14に示すとおりである。発酵菌のVS34や、コーランの処理は、多少ともキタネグサレセンチュウ密度を抑制するが、米糠を併用することによって、より効果は高くなった。また、米糠のみの処理区でも顕著な密度低減効果が見られ、発酵菌よりもむしろ米糠の効果が大きいと考えられる。図15には、自由生活性センチュウ数を示す。発酵菌のVS34や、コーランのみの処理区では、無処理区と差がないのに対し、米糠を処理した区では、著しい高密度となった。これは、未分解の有機物を土壤中にいれると、これを分解するために微生物の活動が活発になり、自由生活性センチュウも増殖して、植物寄生性のキタネグサレセンチュウなどの生存率が低下するのではないかと推察される。

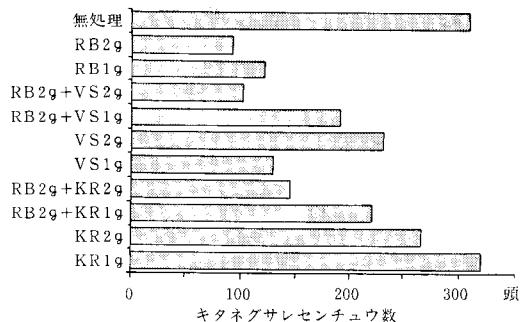


図14 米糠および発酵菌の施用30日後のキタネグサレセンチュウ密度 (RB=米糠, VS=VS34, KR=コーラン)

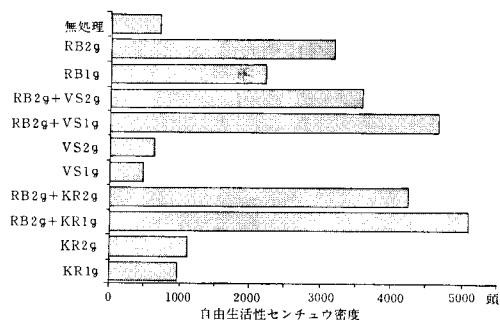


図15 米糠および発酵菌の施用30日後の自由生活性センチュウ密度 (RB=米糠, VS=VS34, KR=コーラン)

第2節 有機質資材を利用した防除法の検討

1. 薬剤と堆肥の組み合わせによる防除

方法：殺センチュウ剤の処理によって防除したキタネグサレセンチュウの密度の復元を、有機物の処理によって抑制し、防除効果をできるだけ長期間維持する目的で試験を行なった。試験区は、クロルピクリンくん蒸剤

(trichloronitromethane 80%) 30l/10a処理、EDB油剤(1, 2-dibromoethane 30%) 50l/10a処理および無処理の3区に、DBCP乳剤(1, 2-dibromo-3-chloropropane 80%) 10倍液30l/10a、VS34添加樹皮堆肥(以下VS堆肥) 5t/10a処理および無処理の3区を組み合わせて9区を設けた。クロルピクリンおよびEDBは、ダイコン播種前の1969年9月6日に処理し、9月13日にガス抜きを行なった。DBCPは、ダイ

コン生育中の1969年11月15日に、30l/10aを手動式注入機で点注した。VS堆肥は、ダイコンの元肥施用時の1969年9月25日および翌1970年9月15日、スイカ元肥施用時の1970年5月16日(一部は6月15日の追肥時)の3回処理した。

耕種概要是、1969年9月25日ダイコン播種、12月2日キャベツ定植、1970年3月6日ダイコン収穫、5月6~13日キャベツ収穫、5月21日スイカ定植、8月17日同収穫、9月16日ダイコン播種、1971年1月25日同収穫とした。

調査は、土壤中のキタネグサレセンチュウおよび自由生活性センチュウ密度、ダイコンの被害度のほか、各作物の生育収量についても行なった。また、土壤中のセン

表50 薬剤と堆肥の併用処理における土壤中のキタネグサレセンチュウ密度の推移

試験区		1969年		1970年			1971年
薬 剤	堆肥等	9月6日	11月14日	3月14日	5月20日	10月12日	3月10日
クロルピクリン	DBCP	7.0頭	0.2頭	0.3頭	0.0頭	0.2頭	2.0頭
	VS堆肥	11.5	0.2	0.0	0.7	0.5	0.3
	無処理	13.0	0.0	0.0	0.0	0.5	3.0
EDB	DBCP	11.5	4.3	0.7	5.3	2.3	2.3
	VS堆肥	7.2	5.0	5.3	6.0	3.0	3.7
	無処理	10.2	5.0	6.3	13.0	7.5	12.3
無処理	DBCP	9.3	10.8	6.0	40.0	8.0	10.0
	VS堆肥	10.0	8.2	21.0	16.0	9.3	15.0
	無処理	10.0	10.2	33.0	48.3	19.3	29.3
LSD 5%		N.S.	N.S.	7.8	18.5	5.5	13.4

チュウ捕食菌の密度を、三井康博との協力を得て1970年10月と1971年4月に調査した。線虫捕食菌の調査は、土壤中にアマモトラップを1区あたり約30本埋設して3週後に取り出し、素寒天培地で培養して検鏡した。試験は1区 $10m^2$ とし、3連制で実施した。

結果：土壤中のキタネグサレセンチュウ密度の推移を、表50と図16に示す。処理前の試験場のキタネグサレセンチュウの分布はほぼ均一で、中・老齢幼虫が主体であった。その後の無処理区の消長を見ると、9月以降、ダイコンの生育中は、変化が少なく、キャベツ定植後、収穫に至る間に急激に増加した。とくに、キャベツ収穫直後は、若齢幼虫が多く分離され、この時期のふ化数が多いと推定される。その後、スイカの栽培期間中にしだいに減少し、9月のダイコン播種期には成虫を主体に、前年をやや上回った密度で安定した。クロルピクリンの処理区では、殺センチュウ効果が高く、処理後約1年間はほとんどキタネグサレセンチュウが分離されなかったが、それ以後わずかがら増加が認められた。EDBは、クロルピクリンほど殺センチュウ効果が顕著でなく、キャベツで少し密度を増し、その後あまり低下せずに経過した。処理1年後のダイコン播種時期には、ほぼ処理前の密度に回復した。DBCPは、無処理区に比べてある程度の殺センチュウ効果は認められたものの、キャベツでの増殖率が高く、実用的な防除効果は期待できなかった。VS堆肥は、殺センチュウ効果は認められなかつたが、無処理区が、1年後に前年の密度を上回ったのに対し、前年と同密度に維持していた。DBCPとクロルピクリンまたはEDBの併用処理は、殺センチュウ

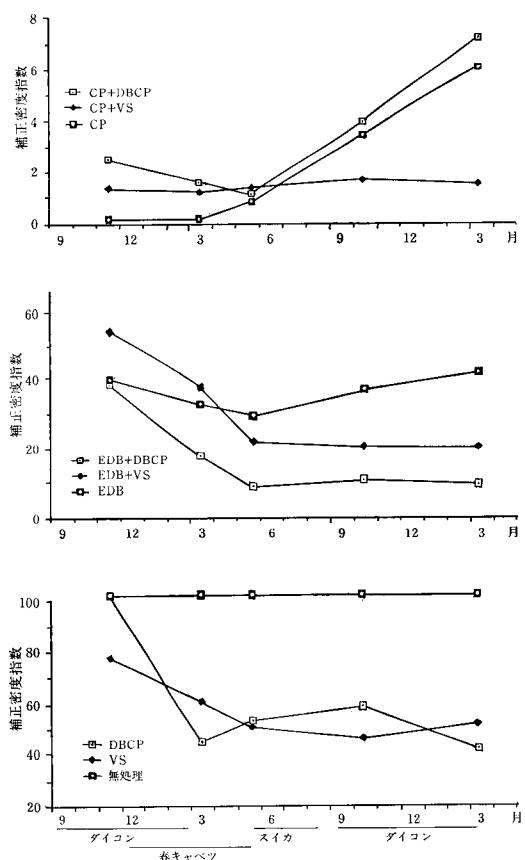


図16 薬剤と堆肥等の組み合わせ処理後のキタネグサレセンチュウ補正密度指数の消長

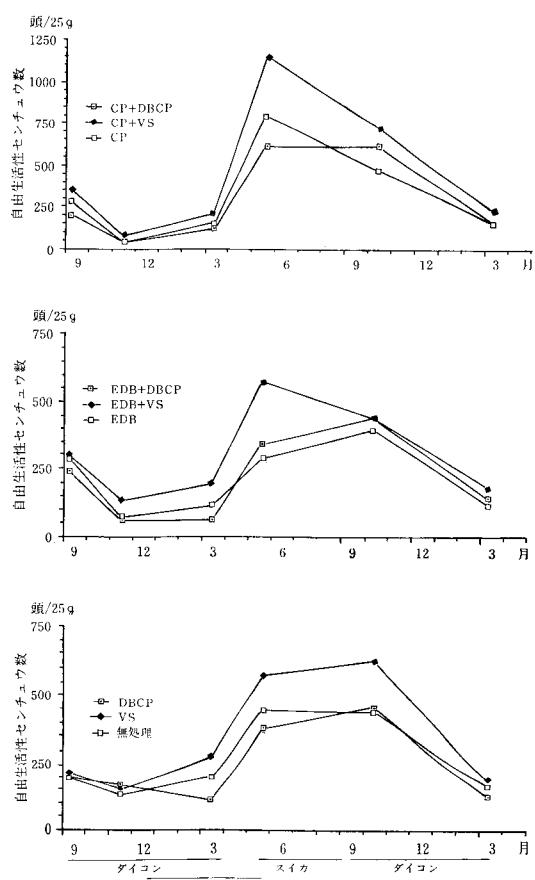


図17 薬剤と堆肥の組み合わせ処理後の自由生活性線虫密度の消長

効果の高かったクロルビクリン区でははっきりしないが、EDB区ではその効果が認められ、それぞれの単独処理に比べて低密度で経過した。また、VS堆肥とクロルビクリンまたはEDBの併用処理も同様の傾向を示し、とくにEDB区ではその効果が顕著であった。

一方、自由生活性セントチュウ密度の消長は、図17に示すように、EDBまたはDBCPの処理区が、無処理区とほぼ同様の消長を示すのに対し、クロルビクリン区は、春から夏にかけての増加の割合が高かった。とくにVS堆肥を併用した区ではその傾向が著しかった。これは、クロルビクリンの処理が、土壤中の微生物相を大きく破壊し、自由生活性セントチュウの増殖を抑制する天敵などの影響が少なくなったためと考えられる。また、堆肥を投入すると、その傾向がさらに高くなるのは、自由生活性セントチュウの餌となる有機物が大量に補給され、増殖しやすい条件になったためと考えられる。

各処理区のセントチュウ捕食菌の分離数を、表51に示す。2回の調査ともに、無処理区からの分離数が多かったが、薬剤や堆肥処理との間に一定の傾向は認められなかつた。

薬剤を処理した年の、1作目のダイコンと、1年を経過した翌年のダイコンについて、キタネグサレセンチュウによる被害度を比較したのが図18である。クロルビクリン区では、ダイコンの被害度が1年間で約10%増加したが、これに堆肥を併用した区の増加は約2%にとどまつた。同様に、EDBの被害は、約18.5%の増加にたいし、堆肥併用区の増加は6%であった。このように、VS堆肥との併用効果が顕著であったのに対し、DBCPの併用処理では、その効果は小さかつた。

各作物の収量を、無処理区を100とした指標に換算して、表52に示す。いずれの区も、大きな収量差は見られず、ほぼ±10%以内であったが、VS添加樹皮堆肥を処理した区は、平均して無処理区より高い収量となつた。

表51 薬剤と堆肥の併用処理区における土壤中のセントチュウ捕食菌の検出頻度

試験区	薬剤	堆肥等	捕食菌の検出頻度	
			1969年11月	1970年4月
クロルビクリン	DBCP	2.7%	25.3%	
	VS堆肥	13.3	14.3	
	無処理	15.7	30.0	
EDB	DBCP	14.3	24.0	
	VS堆肥	19.0	27.3	
	無処理	8.0	31.0	
無処理	DBCP	9.0	27.0	
	VS堆肥	7.0	32.0	
	無処理	17.0	34.3	
アマミトラップ90本使用 (三井康氏調査)				

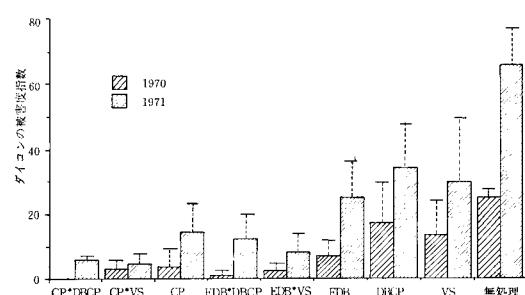


図18 薬剤と堆肥等の組み合わせ処理による、ダイコンのキタネグサレセンチュウ被害の年次変化

表52 薬剤と堆肥の併用処理圃場における各作物の収量比

試験区	堆肥等	1作目	2作目	3作目	4作目
		ダイコン	キャベツ	スイカ	ダイコン
クロルピクリン	DBCP	103%	91%	100%	96%
	V S堆肥	116	96	113	97
	無処理	105	96	100	100
EDB	DBCP	96	95	113	98
	V S堆肥	109	102	106	104
	無処理	104	98	116	108
無処理	DBCP	103	99	103	96
	V S堆肥	105	102	106	102
	無処理	100	100	100	100

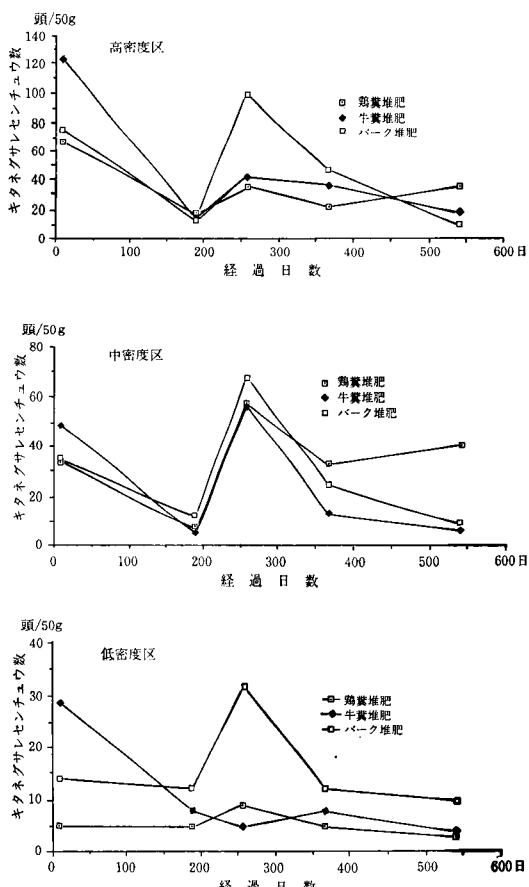


図19 初期密度の異なる土壤での、堆肥の施用によるキタネグサレセンチュウの発生消長の比較

2. 鶏糞堆肥の施用効果の検討

方法：鶏糞の施用が、キタネグサレセンチュウの密度抑制効果を示すことが報告され(23)，堆肥化した鶏糞の効果を検討するために試験を行なった。キタネグサレセンチュウ生息密度の異なる、コンクリートブロックで仕切った枠圃場に、冬作ダイコン、夏作スイカを栽培し、それぞれの作付け時に3種類の堆肥を10aあたり1tずつ施用した。試験区は、キタネグサレセンチュウ密度を高密度、中密度および低密度の3段階とし、堆肥の種類との組み合わせで9区とした。堆肥は、鶏糞堆肥（鶏糞と木材チップを混合堆積したもの）、パーク堆肥（清水港木材KK製ゴールデンパーク）および牛糞堆肥（オガクズ入り牛糞を堆積発酵させたもの）を用いた。試験は、1980年9月から1982年2月まで継続し、ダイコン、スイカ、ダイコンと3作栽培した。ダイコン（耐病総太り）は両年とも、9月に播種し、2月に収穫した。土壤中のキタネグサレセンチュウ密度を経時的にベルマン法

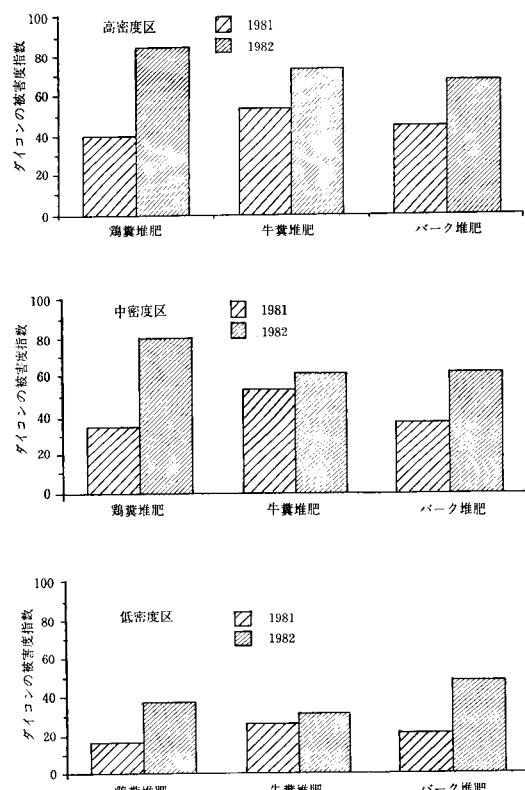


図20 初期密度の異なる土壤での、堆肥の施用によるダイコンのキタネグサレセンチュウ被害の年次変化

によって調査すると共に、ダイコンの被害度を調査した。試験は、1区15m²とし、反復はとらなかった。

結果：試験区のキタネグサレセンチュウ密度の高さは、1980年8月18日の密度を基準とした。土壌中のキタネグサレセンチュウ密度の推移は図19に、ダイコンの被害度は図20に示すとおりである。高密度区および中密度区では、最終的にバーク堆肥区と牛糞堆肥区の密度が低く、鶏糞堆肥区が最も高かった。ダイコンの被害度は、1作目のダイコンでは、各密度とも、牛糞堆肥区の被害度が高いが、これは、処理前の土壌中のキタネグサレセンチュウ密度に対応した結果で、堆肥の種類によるものではなかった。2作目のダイコンの被害度は、1作日の被害度からの増加率が、牛糞堆肥とバーク堆肥区で小さく、鶏糞堆肥で高い傾向が認められた。これらの傾向は、低密度区では見られず、堆肥間の差はないが、鶏糞堆肥の施用による密度低減効果は期待できないと考えられる。

3. 鶏糞利用による防除法の検討

方法：乾燥鶏糞を用い、10aあたり350kg、500kgおよ

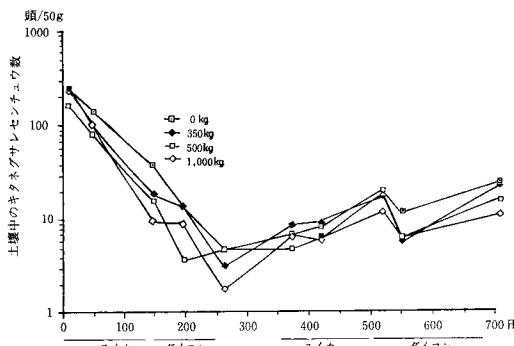


図21 鶏糞の施用量とキタネグサレセンチュウ密度の消長

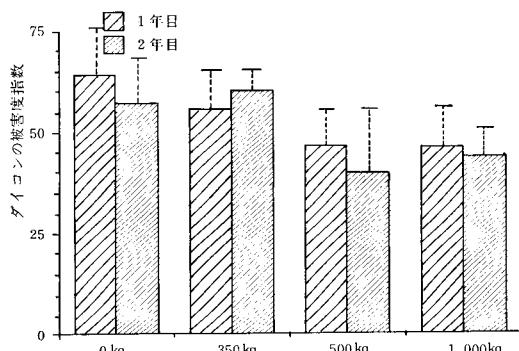


図22 鶏糞の施用量とダイコンのキタネグサレセンチュウ被害度の年次変化

び1,000kgの施用量について無施用区と比較検討した。作物は、夏作のスイカと冬作のダイコンの年間2作とし、1983年夏作から1984年冬作まで4作を栽培し、それぞれの作付け前に、所定量の鶏糞を施用した。施肥量は、乾燥鶏糞の成分量をN:K₂O:P₂O₅=3.5:3.4:2.0として、500kg/10aの窒素成分に合わせるよう、CDU化成555号で調整した。したがって、鶏糞1,000kgの

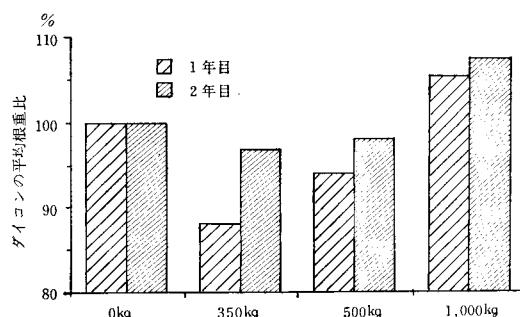


図23 鶏糞の施用量とダイコンの生育（無施用区を100とした平均根重比）の年次比較

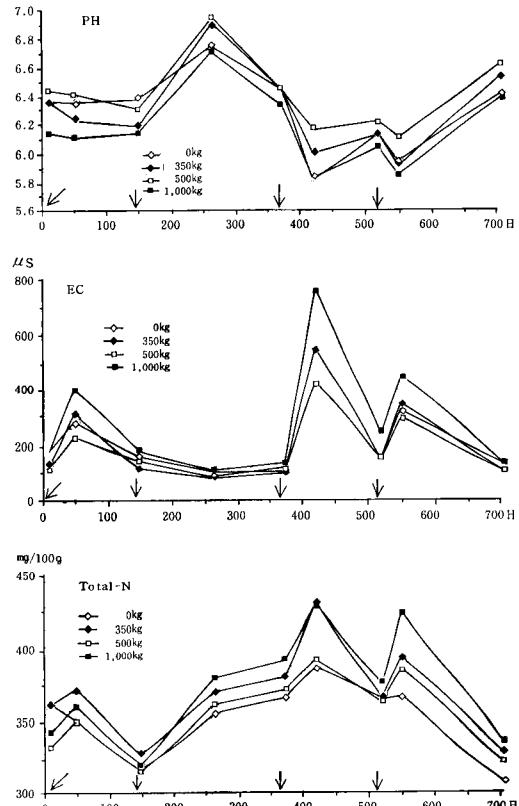


図24 鶏糞の施用量と土壤の化学性の変化

施用区は、他の処理区の2倍の窒素量となった。各作物の耕種概要は、次のとおりである。1983年4月20日スイカ定植、7月16日同収穫、9月14日ダイコン播種、12月23日同収穫、1984年4月20日スイカ定植、7月31日および8月6日同収穫、9月21日ダイコン播種、1985年2月8日同収穫。

調査は、土壤中のキタネグサレセンチュウ密度、ダイコンの被害度および各作物の収量について行なうと共に、土壤中の窒素成分等について経時的に調査した。試験は、1区15m²とし、3連制で実施した。

結果：土壤中のキタネグサレセンチュウ密度の推移を図21に示す。試験開始時には、若齢幼虫の密度が高く、土壤50gあたり200頭前後であったが、その後急激に低下し、ダイコン作付け前には、比較的低密度となった。処理区間の差は、反復間の振れが大きいこともある、有意差が認められないことが多かったが、500～1,000kg施用区でやや低い傾向が認められ、最終の1985年3月の調査では、有意な差が認められた。

ダイコンの被害度は、図22に示すとおりで、1年目、

第3節 考

畑土壤に対する有機物の施用は、古くはそれ自体が作物に対する施肥の役割を果たしてきた。化学肥料を主体とするようになった今日では、直接的な肥料としての役割は少なくなったものの、「地力」維持のための有力な手段として、なおその重要性を失ってはいない。三浦半島で多用されている家畜糞堆肥も、土壤の物理性の改善や、塩基置換容量の向上、潜在的 地力 窒素の供給など、いくつもの役割が知られている。また、近年では、土壤中の微生物相に及ぼす影響が重視され、その効果が論議されている。

土壤中の植物寄生性センチュウにたいしても、有機物の施用によって、その発生を抑制し、防除効果を得ようとする多くの試みがなされている。野津(83)は、島根県下のクリに寄生するネコブセンチュウの防除に、有機物の施用効果があることを報告し、その原因が、土性の改善にあることを指摘している。LINDFORDら(64)は、土壤中に有機物を混入すると、センチュウ捕食菌が増加し、これによってネコブセンチュウの増殖が抑えられると報告している。また、MANKAUら(68)は、ミカンネセンチュウに対し、各種の有機物施用による密度抑制効果が高い事例を報告し、これは、土壤中の微生物活性が高まるためであるとしている。このように、有機物の施

用区とともに、500kgおよび1,000kg施用区が無処理区に比べて低い値であった。

1年目および2年目のダイコンの平均根重を、無処理区を100とした比で図23に示す。肥料成分の多くなった1,000kg施用区では、やや生育が旺盛になる傾向が認められた。

土壤中のPH、ECおよび窒素成分の推移は、図24に示すとおりである。PHについては、一定の傾向が認められず、試験開始時の差がそのまま維持された。ECは、1,000kg区でやや高く、その他はほとんど差がなかった。全窒素は、鶏糞無施用区に比べ、施用区が次第に高くなる傾向を示し、とくに1,000kg施用区が高かった。しかしその差は、最大で約40mg/100g程度で、窒素の過剰集積の恐れは少なく、むしろ地力の向上効果が期待された。これらの結果、鶏糞を主体とした施肥法は、キタネグサレセンチュウの増殖抑制効果が期待され、10aあたり500～1,000kgの範囲で、窒素量を勘案して利用すれば、作物に対する障害の恐れも少ないと思われた。

察

用は、必ずしも同一の機構によって防除効果が発現するとは限らず、種々の要因が相互に関連しているものと考えられる。しかもその効果は、殺センチュウ剤のように顕著な例は少なく、実用的観点からすれば、不十分な効果でしかない。本研究の結果も、明瞭な防除効果を示した例はないが、いくつかの資料で無施用区に比べてキタネグサレセンチュウの増殖を抑制する効果が見られた。とくに、殺センチュウ剤処理後の堆肥施用は、顕著な密度復元抑制効果を示し、有効な防除対策となりうる。

これらの有機物に見られる効果について十分な解析はできていないが、いざれの試験にも共通してみられる現象は、有機物処理後の著しい自由生活性センチュウの増加である。有機物の施用後、土壤中ではこれを分解するための微生物活性が急速に高まり、自由生活性センチュウの増加もその現象の一端として捉えられる。このような状況の中で、植物寄生性のキタネグサレセンチュウの生存率が低下することが考えられる。

多くの殺センチュウ剤は、その処理によって、土壤中の微生物全般に大きなダメージをあたえることが知られている(122, 134)。殺センチュウ剤施用の効果が不十分であったり、処理後に再びキャベツの移植などでキタネグサレセンチュウを持ち込むと、その後の増殖が早いこ

とは、経験的にもよく知られている。例えばEDB処理後の密度復元は、図18に示すとおりである。殺センチュウ剤処理後の有機物施用の効果は、薬剤処理によって被害を受けた微生物の回復効果で、これによってキタネグサレセンチュウの天敵微生物が有効に働いた結果ではないかと推察される。天敵微生物で、最も良く知られてい

るのは、センチュウ捕食菌(71, 73)であるが、そのほかアメーバ類、纖毛類、渦虫類や、捕食性センチュウ、細菌類など、多くが報告されている(100)。有機物の施用は、基本的にはこれらの天敵微生物の生息環境の改善効果が大きく、防除の補助的手段として利用されるものであろう。

第6章 対抗植物利用による防除技術の確立

本章では、農薬による防除の困難なキタネグサレセンチュウに対する、耕種的な防除法として、マリーゴールドを中心に、対抗植物を検索し、その利用技術について検討した。

第1節 対抗植物の検索

1. 対抗植物によるキタネグサレセンチュウの防除効果の比較

方法：キタネグサレセンチュウの生息する土壤を1/2,000aワグナルボットにいれ、マリーゴールド9品種(*Tagetes hybrids*, *T. erecta*, *T. minuta*)、スードングラス(*Sorgham sudanense*)、タヌキマメの1種(*Crotalaria spectabilis*)、インゲン(つるなしトップ)、スイカ(縞王)、トマト(FTVNR 2号)を栽培した。試験区は、休閑を含めて15区とした。各植物は、1972年5月4日に播種または移植し、約4か月栽培して9月8日に抜き取った。後作には9月25日にダイコンを播種し、1月9日に収穫した。調査は、土壤中のキタネグサレセンチュウ密度、各植物の根内のキタネグサレセンチュウ密度および、ダイコンの被害度について行なった。

表53 対抗植物等の生育状況

植物名(品種)	栽植株数	草丈		草冠	
		22/VII	18/VII	22/VII	18/VII
アメリカンマリーゴールド	株	cm	cm	cm	cm
ダブルイーグル	1	59.8	81.8	48.0	71.3
ゴールデンジュビリー	1	43.5	64.5	48.5	68.3
ソオブリン	1	60.5	76.8	46.0	69.3
トレアドール	1	45.5	64.0	48.0	76.3
ダブルーン	1	63.8	81.0	51.3	78.3
アフリカンマリーゴールド					
トール	1	49.8	66.3	50.3	81.3
スパンゴールド	1	25.8	31.0	26.8	34.3
フレンチマリーゴールド					
キングタット	1	21.8	33.0	33.0	55.3
ブライタニー	1	21.3	31.0	27.8	47.5
スードングラス	46	76.3	143.5	—	—
タヌキマメ(<i>C. spectabilis</i>)	4	13.0	40.8	11.0	24.8
インゲン(つるなしトップ)	2	26.5	34.0	39.0	41.3
スイカ(縞王)	1	102.0	—	—	—
トマト(FTVNR)	1	60.3	56.5	50.0	37.3

注: 1/2,000aワグナルボットでの栽培による。

た。また、各植物は、栽培中に2回、生育調査を行なった。試験は4反復で実施した。

結果: 各植物の、播種後49日目と75日日の生育状況を表53に示す。7月18日の草丈は、マリーゴールドが、アメリカン種(F₁)で65~80cm、アフリカンわい性種のスパンゴールドとフレンチ種が約30cmであった。スードングラスは草丈1.4m、タヌキマメの草丈は40cmであった。

土壤中および根内密度を、表54に取りまとめた。土壤中のキタネグサレセンチュウ密度は、処理前の密度が、約60頭/25gと高かった。処理後は、マリーゴールド栽培区では、フレンチ種の1ボットから1頭が検出されたのみで、他は全く検出されず、根への寄生も認められな

表54 対抗植物等の栽培による土壤25g中および根1g内のキタネグサレセンチュウ数の推移

植物名(品種)	土壤中のキタネグサレセンチュウ数(1gあたり)		
	5月4日	9月8日	9月8日
アメリカンマリーゴールド			
ダブルイーグル	45.3頭	0.0頭	0.0頭
ゴールデンジュビリー	53.5	0.0	0.0
ソオブリン	76.0	0.0	0.0
トレアドール	69.8	0.0	0.0
ダブルーン	61.0	0.0	0.0
アフリカンマリーゴールド			
トール	64.0	0.0	0.0
スパンゴールド	70.0	0.0	0.0
フレンチマリーゴールド			
キングタット	69.0	0.0	0.0
ブライタニー	79.8	0.3	0.0
スードングラス	87.5	47.5	25.0
タヌキマメ(<i>C. spectabilis</i>)	51.0	3.3	132.6
インゲン(つるなしトップ)	65.0	91.8	282.0
スイカ(縞王)	69.0	98.3	—
トマト(FTVNR)	57.3	54.8	323.6
休閑	49.3	4.8	—

表55 対抗植物等の栽培後作ダイコンでの土壤中のキタネグサレセンチュウ数(頭/25g)とダイコンの被害状況

植物名(品種)	土壤中のキタネグサレセンチュウ数	ダイコンの被害度指數
	1月17日	1月9日
アメリカンマリーゴールド		
ダブルイーグル	0.0頭	0.0
ゴールデンジエビリー	0.0	0.0
ソオブリン	0.0	0.0
トレアドール	0.0	0.0
ダブルーン	0.0	0.0
アフリカンマリーゴールド		
トール	0.0	0.0
スパンゴールド	0.0	0.0
フレンチマリーゴールド		
キングタット	0.0	0.0
プライタニー	0.0	0.0
スーダングラス	195.0	37.5
タヌキマメ (<i>C. spectabilis</i>)	2.8	0.0
インゲン(つるなしトップ)	325.0	62.5
スイカ(綿王)	250.0	62.5
トマト(FTVNR)	238.0	43.8
休閑	3.5	0.0

かった。スーダングラスとトマトでは、処理後の土壤中のキタネグサレセンチュウ密度は処理前に比べて増加していないが、根への寄生が認められ、表55に示すように、ダイコン栽培で増加した。タヌキマメは、抜き取り時に、根では多数のキタネグサレセンチュウの寄生が認められたが、土壤中の密度は低く経過し、ダイコンでの被害も認められなかった。インゲンとスイカではキタネグサレセンチュウがよく増殖し、ダイコンでの被害度も高かった。休閑区は、夏の間に密度が低下し、ダイコンでの被害も認められなかった。

2. キタネグサレセンチュウに対する対抗植物の検索(1)

方法：キタネグサレセンチュウの生息土壤を入れた直徑20cmの素焼き鉢で、ルリタマアザミ(*Echinops ritro*)、ハルヒサギク(*Coreopsis tinctoria*)、ミシマサイコ(*Bupleurum falcatum*)、タヌキマメ(*Crotalaria spectabilis*)、メキシカンマリーゴールド(*Tagetes minuta*)、アフリカンマリーゴールド(*Tagetes erecta*)およびインゲンを栽培した。各植物は、1973年6月6日に播種し、約3.5か月栽培して9月28日に抜き取った。調査は、処理前後の土壤中のキタネグサレセンチュウ密

度および、根内のキタネグサレセンチュウ数について行った。試験は3反復で実施した。

結果：処理前の土壤中のキタネグサレセンチュウ密度は、58.5頭/25gであった。抜き取り時の土壤中および根内のキタネグサレセンチュウ密度は、表56に示すとおりである。マリーゴールドの2種は、土壤中、根内ともにキタネグサレセンチュウが検出されなかった。ミシマサイコとインゲンでは、土壤中密度が栽培前より高くなり、良く増殖した。ルリタマアザミ、タヌキマメは、土壤中の密度は減少したが、根内密度が高かった。また、ハルヒサギクでは、土壤中密度がやや低下したが、根への寄生が認められた。

表56 各種の植物栽培前後の土壤25g中および根2g内のキタネグサレセンチュウ数

植物名	土壤中のキタネグサレセンチュウ数	根内の寄生虫数	
	(6月6日)	(9月28日)	(2gあたり)(9月28日)
ミシマサイコ	58.5頭	86.0頭	132.0頭
ルリタマアザミ	〃	25.0	80.5
ハルヒサギク	〃	24.0	20.4
タヌキマメ	〃	15.0	521.7
メキシカンマリーゴールド	〃	0.0	0.0
アフリカンマリーゴールド	〃	0.0	0.0
インゲン	〃	176.0	—
休閑	〃	4.0	—

3. キタネグサレセンチュウに対する対抗植物の検索(2)

方法：キタネグサレセンチュウの生息土壤を入れた1/2,000aリグネルボットで、タヌキマメ3種(*Crotalaria mucuronata*, *C. retusa*, *C. spectabilis*)、ラッカセイ(*Arachis hypogaea*=タチマサリ)、マリーゴールド2種(*Tagetes erecta*=アフリカントール, *T. minuta*=メキシカンマリーゴールド)、アレチウリ(*Sicyos angulatus*)、ソルゴー(*Sorghum bicolor*)およびユウガオ(*Lagenaria siceraria*=相生)の9作物を栽培した。1977年5月23日に播種し、栽植数は、マリーゴールドとソルゴーは数株とし、その他はいずれも1株とした。調査は、播種前と生育末期(8月30日)の土壤中のキタネグサレセンチュウ密度および抜き取り時の根内のキタネグサレセンチュウ数について行なった。試験は4反復で実施した。

結果：結果を表57に示す。土壤中のキタネグサレセン

表57 タスキマメ等の栽培前後の土壤50g中および根2g内のキタネグサレセンチュウ数

植 物 名	土壤中のキタネグサレセンチュウ数		根内の寄生虫数 (2gあたり) (8月30日)
	(5月20日)	(8月31日)	
タスキマメ (<i>C. mucronata</i>)	40.0頭	61.0頭 c b	273.4頭
〃 (<i>C. retusa</i>)	44.0	71.0 d	269.2
〃 (<i>C. spectabilis</i>)	48.3	35.8 b c	838.8
ラッカセイ (タチマサリ)	44.3	11.8 a b	0.0
マリーゴールド (<i>T. minuta</i>)	40.8	0.8 a	0.0
〃 (<i>T. erecta</i>)	46.0	0.3 a	0.0
アレチウリ (<i>S. angulatus</i>)	44.0	1,102.0 f	392.7
ソルゴー (<i>S. bicolor</i>)	41.3	71.8 d	32.0
ユウガオ (相生)	47.3	121.5 e	102.0

注：アルファベットは、異記号間で LSD法による5%有意差を示す。

表58 各種対抗植物栽培前後の土壤50g中および根1g内のキタネグサレセンチュウ数

植 物 名	土壤中のキタネグサレセンチュウ数		根内の寄生虫数 (1gあたり) (8月31日)
	(6月1日)	(8月31日)	
タスキマメ (<i>C. juncea</i>)	23.0頭	53.0頭	3,858.8頭
エビスグサ (<i>C. obtusifolia</i>)	〃	2.0	17.2
ギニアグラス (<i>P. maximun</i>)	〃	3.3	7.1
マリーゴールド (<i>T. minuta</i>)	〃	0.3	11.2
インゲン (マントル)	〃	1,211.3	2,174.5

チュウ密度は、播種前の5月20日で土壤50gあたり45頭前後であった。各作物を3か月あまり栽培した後には、その密度に著しい差が認められた。キタネグサレセンチュウが最も増殖したのはアレチウリで、播種前の約25倍となった。マリーゴールドは、両種とも大幅に密度が低下した。次いでキタネグサレセンチュウ密度が低かったのはラッカセイで、播種前の約1/4であった。また、マリーゴールドおよびラッカセイの根からは、キタネグサレセンチュウは全く検出されなかった。タスキマメの各種は、土壤中密度に比べ、根内密度が著しく高かった。とくに *C. spectabilis* はこの傾向が顕著であった。ソルゴーは、土壤中の密度が約2倍に増加したが、根内密度は比較的低かった。ユウガオは、土壤中の密度が播種前の約2.5倍となり、根内密度はソルゴーの約3倍であった。

4. キタネグサレセンチュウおよびサツマイモネコブセンチュウに対する対抗植物の検索

方法：キタネグサレセンチュウおよびサツマイモネコブセンチュウ (*Meloidogyne incognita*) の生息土壤を

それぞれ入れた1/2,000a ワグネルボットで、エビスグサ (*Cassia obtusifolia*)、タスキマメ (コブトリソウ=*Crotalaria juncea*)、ギニアグラス (なつかぜ)、マリーゴールド (メキシカン= *Tagetes minuta*)、インゲン (つるなしトップ) を栽培した。各植物は、1987年6月1日に播種し、3か月間栽培して8月31日に抜き取った。調査は、抜き取り時の各植物の生育状況を測定すると共に、キタネグサレセンチュウのボットでは土壤中および根内密度について行なった。サツマイモネコブセンチュウのボットでは、土壤中の密度と根こぶ指数について

表59 各種対抗植物の調査時の生育

植 物 名	栽 植 数	地上部 総重量	根 部 総重量	最 高 史
コブトリソウ	12.7株	281.7 g	152.3 g	132.3cm
エビスグサ	14.0	125.0	61.0	60.3
ギニアグラス	78.3	708.3	321.7	129.3
マリーゴールド	19.3	193.3	155.3	74.0
インゲン	4.7	86.7	20.0	35.7

表60 各種対抗植物栽培前後の土壤50 g中のサツマイモネコブセンチュウ数と作物の根こぶ指数

植 物 名	土壤中のサツマイモネコブセンチュウ数		根 こ ぶ 指 数	
	(6月1日)	(8月31日)	各 植 物 (8月31日)	ホウセンカ (10月31日)
タスキマメ (<i>C. juncea</i>)	51.7頭	0.0頭	0.0	2.1
エビスグサ (<i>C. obtusifolia</i>)	〃	11.0	0.0	40.3
ギニアグラス (<i>P. maximun</i>)	〃	0.0	0.0	4.6
マリーゴールド (<i>T. minuta</i>)	〃	3.0	0.0	44.8
インゲン (マンドル)	〃	643.3	100.0	93.4

表61 各種対抗植物の調査時の生育

植 物 名	栽 植 株 数	地上部 総重量	根 部 総重量	最 高 草 高
コブトリソウ	12.0株	198.3 g	130.0 g	155.0cm
エビスグサ	10.0	83.3	46.7	65.3
ギニアグラス	97.0	701.7	260.0	123.0
マリーゴールド	13.0	136.7	136.7	69.0
インゲン	4.0	—	—	—

て調査を行なった。さらにその後作にホウセンカを播種して、ビニルハウス内で約2.5か月栽培し、その根を掘り上げて根こぶ指数を調査した。

結果：各植物の栽培前の土壤中の密度は、キタネグサレセンチュウが23.0頭/50g、サツマイモネコブセンチュウが51.7頭/50gであった。各植物栽培後のキタネグサレセンチュウの土壤中および根内密度を表58に示す。インゲンでは、著しく増殖し、土壤中および根内ともに高い密度となった。タスキマメでは、土壤中の密度の増加は2倍程度であったが、根内密度が著しく高かった。エビスグサ、ギニアグラスおよびマリーゴールドは、土壤中、根内共に低密度となった。掘り上げ時の、各植物の生育状況は表59に示すとおりで、播種量の多かったギニアグラスの生育量が多くたほか、タスキマメもよく生育し、マリーゴールドと共に根量も多かった。

各植物栽培後のサツマイモネコブセンチュウの土壤中密度、根こぶ指数および、後作ホウセンカの根こぶ指数を表60に示す。各植物で、根こぶの着生が認められたのは、インゲンだけであった。土壤中の密度は、インゲンで著しく高くなつたのに対し、タスキマメとギニアグラスでは検出されなかつた。エビスグサとマリーゴールドでは、密度が低下したものので、若干数が検出された。さらに、ホウセンカを栽培して検定した結果でも、インゲンほどではないがエビスグサとマリーゴールドには

根こぶの着生が認められた。掘り上げ時の各植物の生育状況は、表61に示すとおりで、キタネグサレセンチュウのボットとほぼ同様であった。

5. 考 察

対抗植物 (antagonistic plant) は、センチュウなどに対する有害物質を含有し、あるいは分泌して、植物組織内外のセンチュウの発育を阻止したり殺したりする作用を持つ植物を指す。本節では、キタネグサレセンチュウの対抗植物を検索する目的で、既に報告されているものを含めて検定を行なつた。その結果、マリーゴールドの効果が顕著に認められ、そのほかにも、ハルヒサギク、ラッカセイ、タスキマメ、エビスグサ、ギニアグラスなどで、土壤中のキタネグサレセンチュウ密度を低下させる効果が認められた。タスキマメ (*Crotalaria spp.*) については、ネコブセンチュウの対抗植物としてよく知られ、ネクサレセンチュウやネモクリセンチュウに対しても効果のあることが報告されている(81, 140, 147)。本試験では、*C. spectabilis* で土壤中のキタネグサレセンチュウ密度を低下させた。しかし、根内の寄生密度は高く、実用的な防除効果については、さらに検討する必要が認められた。とくに、*C. retusa*, *C. mucronata*, *C. juncea*などでは、著しく根内密度が高く、明らかに根内での増殖が認められるところから、キタネグサレセンチュウの対抗植物としては、適当ではないと考えられる。一方、サツマイモネコブセンチュウに対しては、*C. juncea* (コブトリソウ) が顕著な防除効果を示し、実用的な効果が期待される。ギニアグラスやラッカセイについては、佐野ら(106)も報告しているように、根への寄生が認められない点から、非寄主作物としての密度低減効果が期待される。エビスグサについては、ポット試験では、かなり高い効果が得られ、今後詳細な検討が期待される。

第2節 マリーゴールドによる防除効果の検討

1. マリーゴールドの品種比較 (1)

方法：キタネグサレセンチュウが高密度で生息する土壤を良く混合し、直径9cmの素焼き鉢に詰め、2月19日にマリーゴールドを播種した。供試品種は、アフリカンマリーゴールド7品種、F₁9品種、フレンチマリーゴールド8品種とした。これを、温室内で約2か月間栽培管理した後、根の褐変状況と、根内および土壤中のキタネグサレセンチュウ数を調査した。試験は4反復で実施した。

結果：結果を表62にまとめた。この試験は、マリーゴ

ールドの栽培期間が、約2か月間と短く、調査時にはフレンチ種の一部がつぼみまたは開花始めの状態であった。土壤中のキタネグサレセンチュウ密度は、処理前の1,023頭/50gに対し、いずれも大幅に減少した。中でも根の褐変が少なく、根内の寄生密度が低いフレンチマリーゴールドの各品種やF₁種の減少度が高かった。これに対し、根の褐変度が高かったアフリカン種の一部では、根内寄生密度が高く、土壤中の密度もやや高い傾向を示した。

表62 マリーゴールドの品種とキタネグサレセンチュウ密度低減効果

種名	品種名	根部 褐変度	キタネグサレセンチュウ密度	
			土壤50gあたり	根1gあたり
<i>T. erecta</i> (アフリカン)	エローフルフライ	++	75.8頭	734.7頭
	オレンジフルフライ	++	66.0	751.0
	エローシューブリーム	++	142.3	1,319.0
	スーパージャックオレンジ	+	116.0	789.0
	スパンゴールド	+~土	53.6	362.5
	キューピットエロー	++~++	122.8	790.2
	キューピットオレンジ	++~++	105.8	846.4
<i>F₁</i> (アメリカン)	トレアドール	+	15.8	286.0
	ゴールデンジュビリー	土	80.3	158.0
	ファーストレディー	土	44.0	324.6
	ダブルイーグル	-~土	15.0	137.0
	ダブルーン	土	17.8	111.5
	ソオブリン	土	27.5	109.0
3 n	エローナギット	土	59.3	502.0
	オレンジナギット	土	44.0	112.0
	ゴールデンナギット	土	203.0	122.5
<i>T. patula</i> (フレンチ)	ブライタニー	-	35.5	87.0
	ダイデイマリエッタ	-	50.3	139.7
	ブチスプライ	-	58.0	95.0
	ブラウニイスコット	-	30.3	130.5
	エローピグミー	+	104.8	501.3
	ブチハーモニー	+	177.6	410.0
	ブチエロー	土	71.5	280.2
	ブチスプレーキングタット	-~土	53.0	57.0
LSD 5%			28.4	94.0

注：処理前のキタネグサレセンチュウ密度は、1,023頭/50g。根の褐変度は、無（-）、微（±）、少（+）、中（++）、多（+++）とした。

表63 マリーゴールドの品種とキタネグサレセンチュウ密度低減効果

種名	品種名	根部褐 変指数	キタネグサレセンチュウ密度	
			土壤50gあたり	根1gあたり
<i>T. erecta</i> (アフリカン)	エローフルフライ	20.8	6.0頭	0頭
	オレンジフルフライ	62.5	4.8	157
	アフリカントール	10.0	1.5	7
	スパンゴールド	12.5	1.8	3
	キューピットエロー	16.7	5.7	207
	キューピットオレンジ	91.7	18.0	1,830
<i>T. patula</i> (フレンチ)	ブライタニー	0.0	0.7	0
	ダイデイマリエッタ	3.6	1.3	1
	プラウニイスクット	8.3	0.8	1
	フチスプレーキングタット	8.3	2.2	0
インゲン	マントル	—	582.8	—
休閑		—	4.0	—

注：処理前のキタネグサレセンチュウ密度は150頭/20g。

2. マリーゴールドの品種比較 (2)

方法：あらかじめインゲンを栽培してキタネグサレセンチュウ密度を高めた土壤を、1/10,000aのワグネルボットにいれ、マリーゴールド（アフリカン6品種、フレンチ4品種）およびインゲン（品種=マントル）を、1ボット5粒ずつ播種した。播種は、10月7日で、その後約6か月間温室内で栽培管理した。翌年の4月21日に、根の褐変状況と、根内および土壤中のキタネグサレセンチュウ数を調査した。さらに、3種のマリーゴールドについては、ラクトフェノール法で根を染色して、内部の寄生状況を観察した。試験は3回復で実施した。

結果：結果を表63に示す。処理前の土壤中のキタネグサレセンチュウ密度は、150頭/20gで、マリーゴールドはいずれも良く減少したのに対し、インゲンでは良く増殖して約6倍になった。一方、根内のキタネグサレセンチュウ数は、マリーゴールドの品種間で明らかな差が認められ、オレンジフルフライ、キューピットエローおよびキューピットオレンジの3品種が多かった。ブライタニー、オレンジフルフライおよびキューピットオレンジについて、根を染色して観察した結果、ブライタニーでは、全くキタネグサレセンチュウの侵入が認められなかったのに対し、後二者では、褐変部の細胞が壊死して、その周辺部に多数の成虫、幼虫および卵が認められた。この結果から、根の褐変度が高く、根内に多数のキタネグサレセンチュウが侵入する品種では、明らかに増殖が行なわれており、長期間栽培しても防除効果は期待でき

ないと考えられる。

3. マリーゴールドの品種と防除効果の持続期間

方法：キタネグサレセンチュウが高密度で生息する土壤を良く混合し、1/5,000aのワグネルボットにいれ、5月14日にマリーゴールド24品種とインゲンを各8粒ずつ播種した。その後約8か月間温室内で栽培管理して、12月14日に土壤中のキタネグサレセンチュウ数、根の褐変度を調査した。さらに、各ボットに2作目ダイコン（品種=都）、3作目インゲン（品種=マントル）、4作目サツマイモ（品種=高系14号）を輪作し、キタネグサレセンチュウの推移と、各作物の根の褐変状況を調査した。試験は、反復をとらなかった。

結果：結果を表64にまとめた。マリーゴールドの栽培による、土壤中のキタネグサレセンチュウ密度の減少効果は顕著で、アフリカンマリーゴールドの4品種（エローシューブリーム、キューピットエロー、キューピットオレンジ、キューピット混合）を除けば、いずれの品種も、処理前密度の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、サツマイモを輪作すると、効果の劣った4品種では、その後の増殖率が高いが、その他の20品種では、低密度のまま約300日を経過した。一方、対照にあたるインゲンでは、良くキタネグサレセンチュウが増殖したが、2作目のダイコンと4作目のサツマイモでは減少の傾向を示した。

マリーゴールドの各品種の草丈を比較すると、フレンチ種はいずれも20cm前後で株が横に擴がるタイプであっ

表64 マリーゴールドの品種と防除効果およびその持続期間

種名	品種名	試験開始時	土壤中のキタネグサレセンチュウ密度と根の褐変度			
			1作目 マリーゴールド	2作目 ダイコン	3作目 インゲン	4作目 サツマイモ
<i>T. erecta</i> (アフリカン)	エローシューブリーム	274頭	21頭(+)	27頭(-)	709頭	49頭(++)
	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	—
	キューピットエロー	284	46 (+)	66 (++)	1,373	134 (++)
	キューピットオレンジ	189	17 (++)	23 (++)	809	29 (++)
<i>F₁</i> (アメリカン)	ファストレディー	175	0 (±)	5 (-)	5	1 (-)
	ゴールデンジュビリー	149	3 (-)	0 (-)	13	6 (+)
<i>T. patula</i> (フレンチ)	プ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 (-)
	ダイデイマリエッタ	216	2 (-)	1 (-)	6	8 (±)
	プチスピライ	205	1 (±)	1 (-)	2	0 (-)
	プラウニイスコット	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 (-)
	プチハーモニー	224	3 (-)	0 (-)	5	8 (+)
	プチオレンジ	125	3 (-)	1 (-)	8	12 (++)
	ボレロ	189	0 (-)	3 (+)	0	2 (±)
インゲン	カルメン	382	1 (-)	7 (-)	19	12 (+)
	マントル	276	1,329	431 (++)	2,360	102 (++)
累積日数(1970年5月14日～)		0日	213日	291日	381日	518日

注：数字は土壤20gあたりキタネグサレセンチュウ数。
褐変度は、表62参照。

た。アフリカンのわい性種であるスパンゴールドおよびキューピット系の品種は30~40cm, その他のアフリカン種と*F₁*種が50~100cmであった。また、それぞれの根の量は、ほぼ草丈に比例し、アフリカンの高性種が最も多かった。

4. マリーゴールドの栽植日数と防除効果(1)

キタネグサレセンチュウが高密度で生息する土壤を良く混合し、1/5,000aワグネルポットに入れ、マリーゴールド(アフリカントール)、インゲン(マントル)、トマト(ひかり)およびダイコン(美濃早生)を6月4日に播種し、マリーゴールドとトマトの混植区と休閑区も設けた。さらに、各ポットに、2作目ダイコン(都)、

3, 4作目にインゲン(マントル)を栽培し、この間経時的に土壤中のキタネグサレセンチュウ密度を調査した。試験は2反復で実施した。

結果：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の減少経過は、表65に示すとおりであった。播種後33日目では、まだ十分に減少していなかったが、70日を経過すると顕著に低密度となった。また、トマトとマリーゴールドの混植区でも同様な減少傾向を示すのに対し、インゲン、ダイコン、トマトなどの区では、増殖するか、減少してもわずかであった。

2作目ダイコン、3, 4作目インゲンを栽培すると、1作目にマリーゴールドを栽培した区では、ほとんどキ

表65 マリーゴールドの栽植日数と防除効果の持続(1)

試験区	栽植株数	1作目		2作目		3作目		4作目	
		試験作物	作目	ダイコン	インゲン	インゲン	インゲン	インゲン	インゲン
マリーゴールド	2株	37.5頭	3.0頭	3.5頭	0.5頭	0.5頭	0.0頭	0.0頭	0.0頭
〃	4	34.0	6.0	4.5	0.5	7.0	3.5	3.5	3.5
〃	8	36.0	3.0	5.0	1.0	4.0	7.0	7.0	7.0
インゲン	3	56.5	313.5	692.5	80.5	128.0	60.0	60.0	60.0
ダイコン	4	71.0	128.0	228.5	15.5	243.0	515.0	515.0	515.0
トマト	4	57.0	34.5	76.0	10.0	323.5	609.5	609.5	609.5
トマト・マリーゴールド	3+3	44.0	3.5	1.5	7.0	11.0	48.0	48.0	48.0
休閑	---	55.5	17.5	8.5	3.5	4.0	1.5	1.5	1.5
累積日数		33日	70日	121日	301日	411日	581日	581日	581日

注：数字は土壤20gあたりキタネグサレセンチュウ数。
処理前のキタネグサレセンチュウ密度は、148頭/20g。

タネグサレセンチュウの増殖は見られず、トマトとの混植で、わずかに4作目で復元の傾向が認められただけであった。一方、マリーゴールドを栽培しなかった区は、一度も作物を栽培しない休閑区を除いてその後良く増殖し、著しい高密度となった。

5. マリーゴールドの栽植日数と防除効果(2)

キタネグサレセンチュウが高密度で生息する土壤を良く混じし、直徑35cmの鉢に各20kgずつ入れた。これにアフリカンマリーゴールド2品種(アフリカントール、キューピットオレンジ)とトマト(ひかり)各40粒を5月18日に播種した。さらに、各ポットに2作目ダイコン(都)、3作目トマト(ひかり)、4作目インゲン(ハントル)を栽培して、キタネグサレセンチュウの寄生状況と土壤中の密度の推移を調査した。試験は2反復で実施した。

結果：1作日のマリーゴールドまたはトマト栽培期間中の土壤中と根内のキタネグサレセンチュウ数の変化は、図25と図26に示すとおりであった。アフリカントールでは、土壤中の密度が、播種後60日までに急速に低下し、それ以後は横道いで経過した。また、根内の密度は、60日まではやや増加し、それ以後は漸減して100日を過ぎるとほとんど検出されなくなった。これに対し、キューピットオレンジやトマトでは、土壤中の密度は60日までほぼ同様な経過を示すものの、それ以降は増加し始めた。また、根内の寄生密度は、アフリカントールに比べてはるかに高くなり、トマトでは顕著な増殖が認められた。これらの点から、初期の土壤中の密度の減少は、キタネグサレセンチュウが植物体に侵入するこ

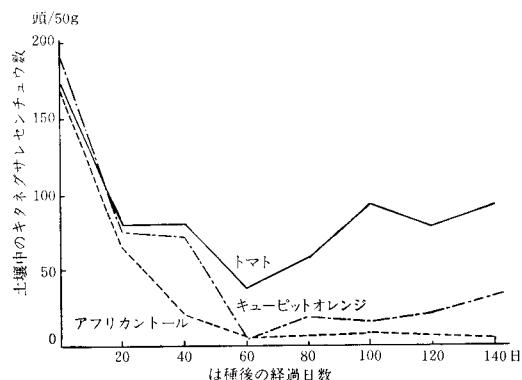


図25 マリーゴールド等の栽植日数の経過に伴う土壤中のキタネグサレセンチュウ数の変化

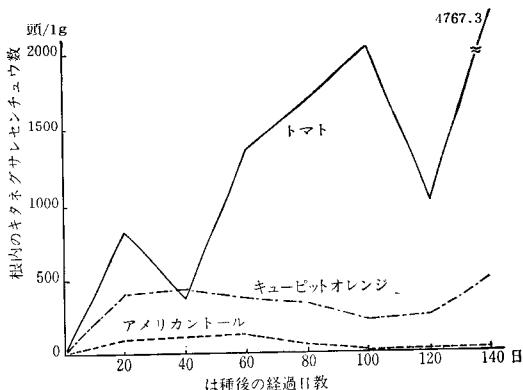


図26 マリーゴールド等の栽植日数の経過に伴う根内のキタネグサレセンチュウ数の変化

表66 マリーゴールドの栽植日数と防除効果の持続(2)

試験区	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	ダイコン	インゲン
アフリカントール	4.0頭	1.0頭	0.0頭	0.5頭	0.0頭
キューピットオレンジ	45.0	1,031.0	237.0	461.0	—
トマト	103.0	878.0	260.0	362.0	—
累積日数	280日	447日	554日	654日	784日

注：数字は土壤20gあたりキタネグサレセンチュウ数。

とによるもので、その後、根内の増殖が行なわれると根の新陳代謝と共に土壤中の密度が再び増加するが、アフリカントールでは、根内の増殖がなく、高い防除効果を示すものと考えられる。

マリーゴールドまたはトマトの栽培後、ダイコン、トマト、インゲンを輪作して、各作付け終了時の土壤中のキタネグサレセンチュウ密度を調査した結果を表66に示す。アフリカントール区では、2作目、3作目と減少し、好適な寄主植物が栽培されたにもかかわらず、4作目を終わった時点では全く検出されなくなった。これに対し、キューピットオレンジ区とトマト区ではよく増殖し、高い密度で経過した。

6. 考 察

本節では、マリーゴールドの品種と防除効果、栽植日数と防除効果、防除効果の持続期間などについて検討した。マリーゴールドの品種は、*Tagetes erecta*, *T. patula*, *T. minuta*, *T. licida*, *T. signata*など、世界で30種あまりが知られている。このうち、*T. erecta*（アフリカン種）や*T. patula*（フレンチ種）は、我が国でもそれぞれ万寿菊、孔雀草などとして知られ、多くの園芸品種が市販されている。また、これらの交配種も多く、アメリカンマリーゴールドなどと呼ばれるものもある。本研究では、サカタのタネ㈱の御好意で入手できた29品種についてその効果を検討した。その結果、フレンチ種はいずれも効果が安定して高かったのに対し、アフリカン種やF₁種では、品種間差が大きかった。とくに、エローシューブリーム、キューピットエロー、キューピットオレン

ジなどのアフリカン種では、根内の増殖が認められ、キタネグサレセンチュウの防除効果は期待できなかつた。これは、OOSTENBRINKら(101)やSUATMADI(119)が、キタネグサレセンチュウに対しては、フレンチ種(*T. patula*)の効果が最も高いとした結果に良く一致した。しかし、アフリカン種やF₁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、利用の場面によって草丈や株張りを考慮して品種を選択することが可能と思われる。

マリーゴールドを実際の防除に利用する場合には、その有効な栽植期間を知る必要がある。本試験の結果、土壤中のキタネグサレセンチュウ密度が安定した低密度になるのに約60日、マリーゴールド根内のキタネグサレセンチュウ数も減少して、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ら(101)が、キタネグサレセンチュウの防除に、*T. erecta*や*T. patula*を、3~4か月栽培する必要があるとした結果と一致した。

マリーゴールドによって防除したキタネグサレセンチュウは、期待した以上に長期間低密度が維持された。とくに、キタネグサレセンチュウの好寄主であるダイコン、トマト、インゲンなどを連作しても増殖が認められず、最大400日以上も効果が持続した。これは、マリーゴールドの栽培によって、何らかのキタネグサレセンチュウの増殖を抑制する物質が土壤中に残留することを示唆していた。

第3節 マリーゴールドの利用技術の開発

1. マリーゴールドの単作とスイカとの混植による防除効果の比較

方法：コンクリートブロックで仕切った枠は場（3×4m, 深さ1m）に、キタネグサレセンチュウの寄生したダイコンをすき込んで均一に接種し、マリーゴールド単作区、スイカとマリーゴールドの混植区およびスイカ単作区を設けた。マリーゴールド（アフリカントール）は、1969年4月7日に、畦幅60cmで条播した。スイカは、5月3日に定植した。2作目以降は、三浦半島の慣行にしたがってダイコン、春キャベツ、スイカ、ダイコンと輪作し、土壤中のキタネグサレセンチュウ密度とダイコンの被害について調査した。試験は、1m×12m²で、2連制とした。

結果：土壤中のキタネグサレセンチュウ数の推移を図27に示す。キタネグサレセンチュウ接種後試験開始まで

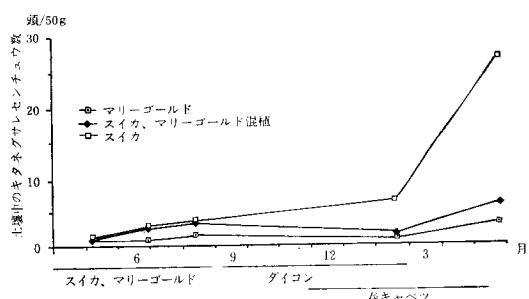


図27 マリーゴールドの単作と、スイカとの混植栽培による、土壤中のキタネグサレセンチュウ数の消長

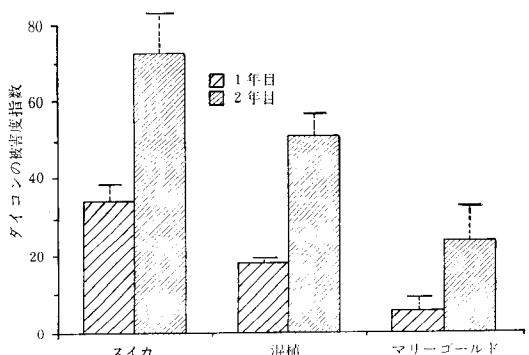


図28 マリーゴールドの単作と、スイカとの混植栽培による、ダイコンのキタネグサレセンチュウ被害の年次変化

の期間が短く、初期の密度は極めて低かった。しかし、その後スイカの栽培によって増加し、2作目のダイコン収穫期には、区間の差が明瞭になった。マリーゴールド単作区は、キタネグサレセンチュウの増殖が最も遅かった。混植区はこれに劣るが、スイカ単作区に比べて明らかに低い増殖率であった。1年目と2年目のダイコンの被害度を図28に示す。1年目は、スイカ単作区に比べて、マリーゴールド単作区が1/6、混植区が1/2の被害度であった。2年目には各区とも前年より被害度が増加したが、差は顕著であった。これらの点から、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は、その単作が望ましいが、スイカとの混植でも実用的な効果が期待できることが明かとなった。

2. スイカとの混植栽培におけるマリーゴールドの栽植距離と防除効果

方法：キタネグサレセンチュウ生息密度の高い、横須賀市林の現地は場で、1972年4月29日に定植したスイカにマリーゴールド（ダブルーン）を混植した。栽植距離は、40×40cm, 50×50cmおよび60×60cmとし、5月25日に定植した。なお、マリーゴールドの草丈が高くなり、スイカへの影響が懸念されたため、6月末にマリーゴールドを地上30cmの高さでせん定した。調査は、スイカの時期別収量、土壤中のキタネグサレセンチュウ密度および後作ダイコンの被害度について行った。また、8月18日に、50cm×と60cm×で、マリーゴールドまたはスイカの株元の土壤について、深さ別にキタネグサレセンチュウ密度を調査した。試験は、1m×90m²とし、反復は3回なかった。

結果：供試したF₁種のマリーゴールド（ダブルーン）はよく生育し、定植35日後には60～65cmの草丈となり、この時期にせん定を行なった。スイカの収量は、図29に示すとおりで、50cm区および60cm区が、慣行のスイカ単作区より多かった。その理由は明らかではないが、は場のキタネグサレセンチュウ密度が高かったことから、スイカ単作区では、キタネグサレセンチュウの寄生加害による減収があったのではないかと推察される。一方、40cm区では、中～後期の収量が少なく、慣行区に劣った。これは、マリーゴールドの栽植密度が高く、スイカの生育に影響があったためと考えられる。土壤中のキタネグサレセンチュウ密度の推移は、図30に示すとおりで、マリーゴールド混植区はいずれも良く密度が低下した。根

園のキタネグサレセンチュウの分布状況について調査したところ、図31に示すような、マリーゴールドの株が連続するところでは低密度であったのに対し、図32のようなスイカの株元に近いところでは、やや密度の高いところがあった。ダイコンのキタネグサレセンチュウによる

被害状況は図33に示すとおりで、マリーゴールド混植区では、40cm×50cm区で顕著な防除効果を示した。60cm区では、やや効果が劣った。これらの結果から、高性種のマリーゴールドとスイカの混植栽培では、50×50cmの栽植距離が適当と考えられる。

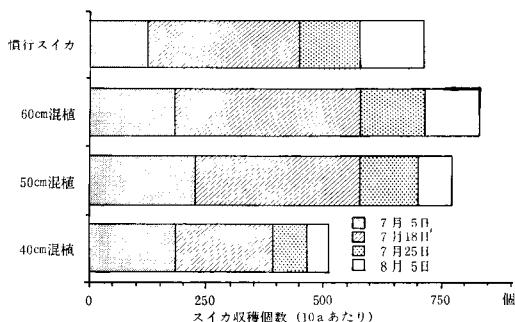


図29 斜面スイカとの混植栽培における、マリーゴールドの栽植間隔と、スイカの累積収穫個数

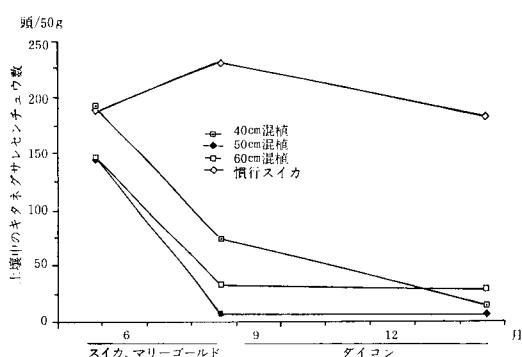


図30 斜面スイカとの混植栽培における、マリーゴールドの栽植間隔と、土壌中のキタネグサレセンチュウ数の消長

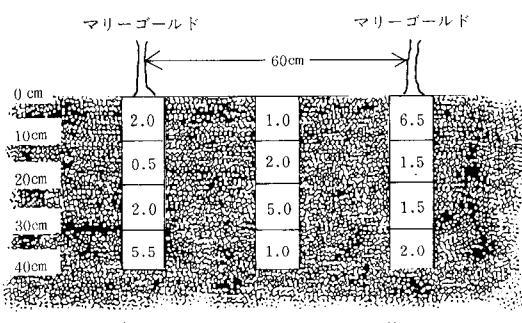


図31 マリーゴールドの根巻におけるキタネグサレセンチュウ密度の分布(60×60cm区)

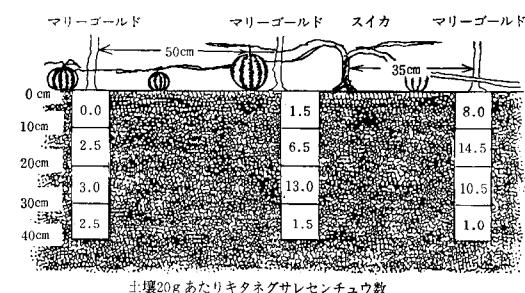


図32 マリーゴールドおよびスイカの根巻におけるキタネグサレセンチュウ密度の分布(50×50cm区)

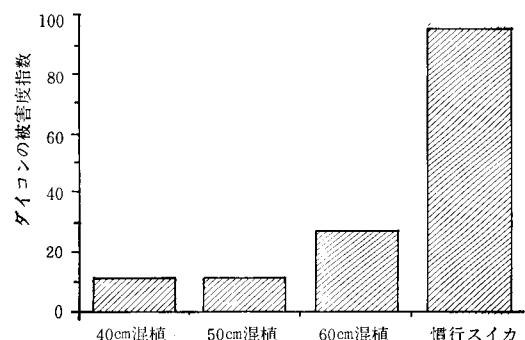


図33 斜面スイカとの混植栽培における、マリーゴールドの栽植間隔と、ダイコンのキタネグサレセンチュウによる被害程度

3. 斜面スイカとの混植栽培における品種と栽植距離がスイカの収量に及ぼす影響

1972年4月28日にスイカを定植し、追肥と敷藁の終わった後、5月23日にマリーゴールドを定植した。マリーゴールドは、F₁の高性種のトレアドールとわい性種のスペンゴールドを用い、50×50cmおよび60×60cmの間隔に定植した。調査は、スイカを時期別に収穫し、全着果量を記録した。試験は、1区61.6m²とし、反復はとらなかった。

結果：各区のスイカの累積収量を図34に示す。7月18日までの初期収量では、差が認められなかった。これは、マリーゴールドを定植した時期には既に低節位の雌

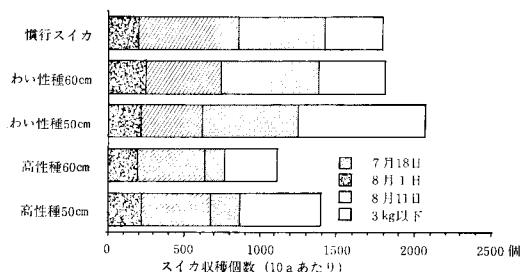


図34 スイカとの混植栽培におけるマリーゴールドの品種および栽植間隔と、スイカの累積収穫個数（わい性種＝スハングールド、高性種＝トレアドール）

花が着果していたためと考えられる。これ以後の中～後期収量では、スパンゴールド（わい性種）の60cm区が慣行区と差がなかったのに対し、50cm区ではやや劣った。高性種のトレアドール区は、いずれの栽植距離でも減収した。また、3kg以下の果実を加えた総着果数でも、トレアドール区は明らかに少なかった。これらの結果から、草丈の高くなる品種では、後期収量を構成する着果率が低下して減収するが、わい性種ではその影響が少ないと考えられる。

4. スイカとの混植栽培における品種と施肥量がスイカの収量に及ぼす影響

方法：三浦市南下浦町上宮田の現地スイカは場（5月3日定植）に、標準量およびその10%増しの追肥を行ない、5月25日にマリーゴールドのF₁高性種ソオブリンとアフリカンわい性種のスパンゴールドを50cm間隔で定植した。施肥量は、N : K₂O : P₂O₅の成分量で、元肥が5.4 : 9.0 : 5.4kg/10a、追肥14.4 : 4.8 : 14.4kg/10aとし、増肥区は、追肥量を15.8 : 5.3 : 15.8kg/10aとした。調査は、土壤中のキタネグサレセンチュウ密度およびスイカの収量について行った。試験は、1区120m²とし、反復はとらなかった。

結果：マリーゴールドは、スイカ定植後22日目に定植したが、その約1か月後には高性種のソオブリンが繁茂したため、約15cmの高さでせん定した。しかし、それ以後脇芽がよく伸長して、開花最盛期には80cm前後の草丈となった。一方、スパンゴールドは、せん定を行なわなかったが、約30cmの草丈となった。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、図35に示すとおりであった。標準の施肥区間では、ソオブリン、スパンゴールド両品種とともに慣行区に劣った。増肥区は、いずれも標準施肥区より高い収量となり、スパンゴールド区は慣行区と差がなかった。これらの結果か

ら、混植区では、標準施肥量より増肥して栽培する必要が認められた。なお、本試験は場で認められたネグサレセンチュウは、ムギネグサレセンチュウ (*Pratylenchus neglectus*) で、マリーゴールドの栽培によって減少しなかったが、ダイコンでの被害は認められなかった。

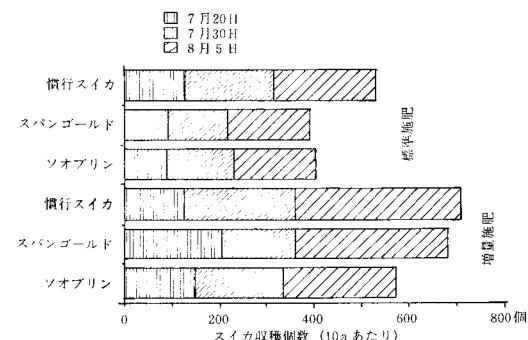


図35 スイカとの混植栽培におけるマリーゴールドの品種および施肥量と、スイカの累積収穫個数

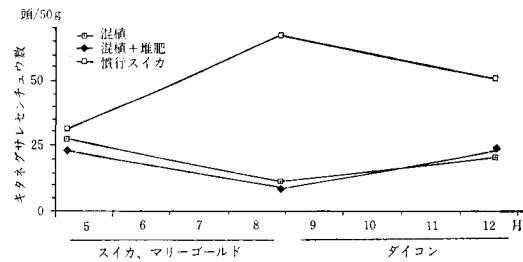


図36 マリーゴールドとスイカの混植栽培における、堆肥の施用と、土壤中のキタネグサレセンチュウ数の消長

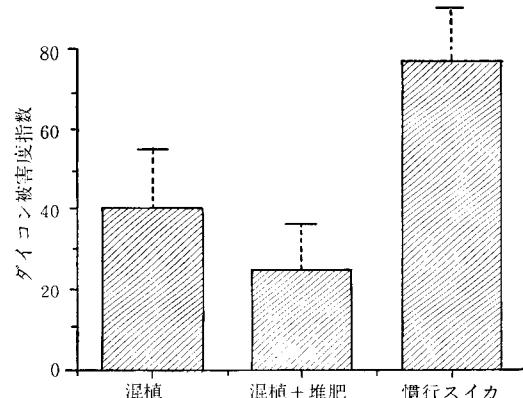


図37 マリーゴールドとスイカの混植栽培における堆肥の施用と、ダイコンのキタネグサレセンチュウによる被害程度

5. スイカとの混植栽培における堆肥の施用効果

方法：横須賀市北下浦町のキタネグサレセンチュウの生息する現地農家は場で試験を実施した。マリーゴールド（アフリカントール）は、スイカ定植前に、前作キャベツの作落とし部に直播（畦幅30cm）し、残りの部分はスイカ定植（5月31日）後、30×30cmで定植した。堆肥は、樹皮堆肥を用い、400kg/10aをマリーゴールドの播種または定植前に施用した。後作は、慣行にしたがってダイコンを栽培し、土壤中のキタネグサレセンチュウ密度とダイコンの被害度を調査した。試験は、1m×70m²とし、3連制で実施した。

結果：土壤中のキタネグサレセンチュウ密度の推移を図36に、ダイコンの被害度を図37に示す。スイカ栽培後のキタネグサレセンチュウ数は、マリーゴールド混植区が、慣行区に比べて顕著に少なかった。その後ダイコン栽培によってやや増加したが、その差は明瞭であった。堆肥の有無によるキタネグサレセンチュウ数の差は明瞭でなかったが、ダイコンの被害度では堆肥施用区が低く、その施用効果が認められた。

6. スイカとの混植栽培でのマリーゴールドの効果と殺センチュウ剤との比較

方法：コンクリートブロックで仕切った枠は場（3m×5m、深さ1m）にあらかじめキタネグサレセンチュウを増殖して試験を実施した。試験区は、D-D油剤50l/10a、同+樹皮堆肥1,330kg/10a、マリーゴールド50×50cm混植、同+樹皮堆肥1,330kg/10a、MN-3の20l/10aおよび慣行スイカ栽培の6区とした。D-D油剤およびMN-3は、1972年4月27日に、所定の方法で注入した。5月17日に元肥を施肥し、堆肥施用区は樹皮堆肥を施用し、全区にスイカを定植した。マリーゴールド（ダブルーン）は5月26日にスイカの中に混植し、8月25日まで栽培して抜き取った。

1972年の夏作でこれらの処理をした後、慣行の輪作体系にしたがってダイコン、春キャベツ、スイカと栽培し、1974年夏作まで栽培した。なお、樹皮堆肥は、毎年4月と9月に所定量を施用した。試験は、1m×15m²で2連制とした。

結果：土壤中のキタネグサレセンチュウ密度の推移は、図38に示すとおりで、1972年9月の時点では、D-D油剤、マリーゴールドの各処理区の効果が顕著で、MN-3区がやや劣っていた。1973年9月になると、D-D油剤の単独処理および樹皮堆肥との併用処理区では密度が増加し始め、MN-3区では、無処理区との差が認められなくなった。これに対し、マリーゴールド区で

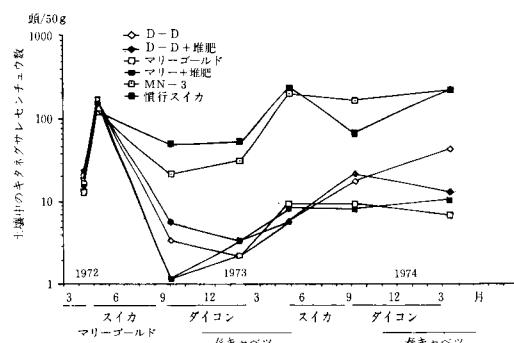


図38 殺センチュウ剤処理およびスイカとマリーゴールドの混植栽培後のキタネグサレセンチュウ密度の消長

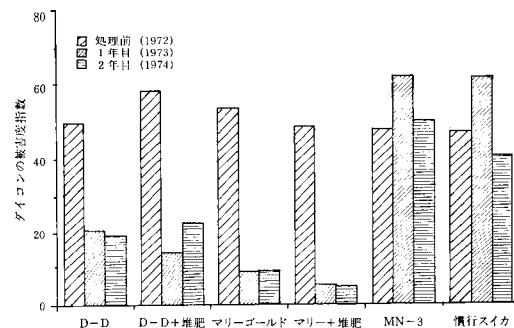


図39 殺センチュウ剤処理およびスイカとマリーゴールドの混植栽培後の、ダイコンのキタネグサレセンチュウ被害度の年次変化

は、単独処理、樹皮堆肥との併用処理区とともに、1974年3月までほとんどキタネグサレセンチュウ密度は増加せず、防除効果が長期間持続していた。D-D油剤区とマリーゴールド区に設けた、樹皮堆肥の併用処理区は、その効果が必ずしも明瞭ではないが、D-D油剤処理区では1974年になってその差が現われ始めた。ダイコンの被害度の推移は、図39に示すとおりであるが、土壤中のキタネグサレセンチュウ密度と同様の傾向を示し、マリーゴールドの処理効果が顕著であった。

7. 考 察

マリーゴールドの効果については古くから知られ、既に多くの報告もある(78, 86, 101, 102, 115, 118, 119, 121, 124, 143, 146)が、実際の営利栽培の作物で実用化された例は少ない。マリーゴールドによる防除の最大の問題点は、ほ場に一定期間作付ける必要があることで、経済的観点からも営利作物との競合が避けられない点である。三浦半島の夏作物の代表であるスイカは、10aあ

たり200~250株と粗植で、マリーゴールドとの混植が可能との見通しから、混植の方法と、その効果の実用性について検討した。

混植栽培では、相互の競合を最少限にするための品種の選択、栽植距離、施肥法などが要點となる。品種の選択にあたっては、草丈と根の量の関係から、わい性種では、ほ場全体の根の量を確保するために栽植株数を多くする必要がある。一方、高性種では、スイカの通風や日あたりが悪くなり、着果不良や病害発生の原因になりやすい。これらを解決する方法として、アフリカンの高性種を選択し、地上部を適当な時期にせん定することとした。この方法では、栽植距離は、50×50cm~60×60cmで実用的な効果が認められた。また、施肥量については、マリーゴールドの生育に必要な分として、追肥量を増やすことで減収を避けることができた。

堆肥の施用効果については、既に第5章で述べたが、マリーゴールドとスイカの混植栽培でもその効果が認められた。

マリーゴールドとスイカとの混植栽培は、マリーゴールドの単作に比べると、防除効果はやや劣る。これは、スイカの根に侵入して増殖するキタネグサレセンチュウには、マリーゴールドの効果が及ばないためと考えられる。しかし、スイカは、比較的根の量が少ない作物で、しかも栽植株数は、他のダイコンやキャベツに比べて著しく少なく、ほ場全体で見ると、その増殖量は多くないと考えられる。さらに、第3章に示したように、夏のスイカ栽培では、キタネグサレセンチュウ密度が低下するのが一般的である。スイカとの混植栽培で実用的な効果が得られるのは、このような条件があるためと考えられる。

第4節 マリーゴールドの殺センチュウ作用機構の検討

1. マリーゴールドを栽培した土壤がネグサレセンチュウの生存に及ぼす影響

方法：あらかじめ蒸気消毒した土壤を1/2,000aソグネルボットにいれ、インゲン（ニューマントル）またはマリーゴールド（アフリカントール）を1973年の9月から11月までの3か月間無加温のガラス室で栽培した。それぞれを抜き取り後、根を除去した土壤と除去しない土壤を200ccのプラスチックカップにいれ、1月8日に2種類のネグサレセンチュウを接種した。ネグサレセンチュウは、アルファルファーのカルスで無菌培養したキタネグサレセンチュウ（三浦半島のダイコンから分離）

とクルミネグサレセンチュウ (*Pratylenchus vulnus*) (山梨県のモモから分離) を供試した。プラスチックカップは、25°Cの定温器内で管理し、数日おきに減少した水分を補給した。調査は、センチュウ接種後約1か月目と3か月目に、カップ内の全土壤をベルマン装置にかけ、24時間分離してセンチュウ数を数えた。試験は、5反復で実施した。

結果：各々の土壤からのセンチュウの分離結果を表67に示す。キタネグサレセンチュウは、接種約1か月後の2月4日までに、いずれも接種頭数のおよそ5%に減少したが、区間の差は認められなかった。しかし、3か月後

表67 前作物の違いがキタネグサレセンチュウの生存率に及ぼす影響

センチュウの種類	供試土壤の前作	残根の 処理法	接種虫数			再 分 離 虫 数
			(1月8日)	(2月4日)	(4月9日)	
キタネグサレセンチュウ	インゲン	除 去	500頭	103.5頭NS	38.6頭a	
		残 存	〃	79.5 〃	38.3 a	
	マリーゴールド	除 去	〃	82.2 〃	29.3 a b	
		残 存	〃	94.7 〃	19.3 b	
クルミネグサレセンチュウ	インゲン	除 去	1,000	66.6 a		
		残 存	〃	48.1 a b		
	マリーゴールド	除 去	〃	30.5 b		
		残 存	〃	31.9 b		

注：数字は、200ccのカップあたりネグサレセンチュウ数。

アルファベットは、異記号間でLSD法による5%有意差を示す。

の4月9日には、マリーゴールド区より密度が低下し、とくに根を除去しなかった区では、インゲン区に比べて著しく低密度となつた。一方、クルミネグサレセンチュウは、キタネグサレセンチュウに比べて減少率が高く、1か月後には、およそ接種頭数の1/20以下となり、キタネグサレセンチュウと同様にマリーゴールド区の減少率が著しく高かつた。

2. マリーゴールドを栽培した土壤がキタネグサレセンチュウの増殖に及ぼす影響

方法：マリーゴールドなど、前作物の栽培歴の異なる土壤を1/2,000aワグネルボットにいれ、あらかじめキタネグサレセンチュウを増殖した土壤を、各ボットに700gずつ接種した。これにインゲンを各5粒ずつ播種し、約3か月栽培してキタネグサレセンチュウの増殖状況を調査した。供試した土壤は、この年（1973年）マリーゴールド（アフリカントール）を3か月栽培したもの、前年（1972年）マリーゴールドを4か月栽培したもの、同様に前年タスキマメ（*Crotalaria spectabilis*）を栽培したものおよびこれらの作物を栽培しない慣行栽培の土壤とし、いずれもキタネグサレセンチュウが検出されないことを確認した。インゲンは、1973年9月18日に播種し、無加温のガラス室で管理した。試験は、3回復で実施した。

結果：各区のインゲン栽培前後のキタネグサレセンチュウの土壤中密度を、表68に示す。マリーゴールドを栽培した前歴のある土壤はいずれも、キタネグサレセンチュウの好寄主であるインゲンを栽培しても増殖率は低く、慣行土壤と比較して明らかに増殖抑制の効果を示した。また、この効果は、前年マリーゴールドを栽培したか、栽培直後の土壤かで差は認められなかつた。タスキマメでも、慣行土壤に比べると、増殖抑制効果が認められたが、マリーゴールドほど顕著ではなかつた。

表68 前作の異なる土壤でのインゲンの栽培によるキタネグサレセンチュウの増殖

前作物の種類	前作物の栽培時期	土壤中のキタネグサレセンチュウ密度 接種時 インゲン (換算値)	栽培後
マリーゴールド	1973年5月～8月	17.5頭	6.7頭 A
〃	1972年5月～8月	〃	8.7 A
タスキマメ	〃	〃	17.0 B
休閑	—	〃	32.0 C

注：数字は、土壤50gあたりキタネグサレセンチュウ数。アルファベットは、異記号間でLSD法による1%有意差を示す。

3. マリーゴールドの殺センチュウ成分 α -terthienyl がザリウム菌の行動に及ぼす影響

マリーゴールドの栽培によって、センチュウ密度が減少することが知られた(115, 118, 127)後、UHLENBROEKら(129, 130, 131)の一連の研究によって、その殺センチュウ成分が同定された。しかし、 α -terthienylと呼ばれるこの物質は、その後の研究(29, 30)によって、紫外線の存在下でしか活性を示さないことが明らかにされている。また、この物質は植物病原菌に対する活性もあるといわれ、これらを確認する目的で実験を行なつた。

(1) α -terthienyl 溶液中の胞子発芽

方法：PDA培地で培養したダイコン萎黄病菌 (*Fusarium oxysporum f. sp. raphani*)、キャベツ萎黄病菌 (*F. oxysporum f. sp. conglutinans*) およびキュウリつる割れ病菌 (*F. oxysporum f. sp. cucumerinum*) から得た小型分生胞子を、所定濃度の α -terthienyl 水溶液（アセトンで溶解し、twin-20加用の減菌水で希釈）に懸濁させた。この懸濁液をスライドグラス上に滴下し、透明なプラスチック容器に収納して、暗黒および紫外線照射（ナショナルブラックライトブルー、F220S・BL-B）下に置き、25°Cの定温設定下で19時間培養後、直ちにコットンブルーで固定、染色して発芽率を調査した。また、同様な方法で、キュウリつる割れ病菌の小型分生胞子を用い、 α -terthienyl と、2-acetyl-bithienyl の比較を行なつた。

結果：結果は、図40に示すとおりで、ダイコン萎黄病菌、キャベツ萎黄病菌、キュウリつる割れ病菌とともに、暗黒条件下では、 α -terthienyl の0～25ppmの間で、ほぼ同様な発芽率を示した。これに対し、紫外線照射下では、いずれも完全に発芽が抑制された。

α -terthienyl と 2-acetyl-bithienyl の比較は、表69に示すとおりで、キュウリつる割れ病菌に対し、両物質ともに同様な活性を示した。

(2) α -terthienyl 加用土壤懸濁液中の胞子発芽

方法：所定濃度の α -terthienyl 水溶液5に対し、土壤（三浦半島の黒色火山灰土）を2の割合で加え、20分間振とうした液をホールスライドグラスの溝みに満たした。これに、減菌水に懸濁させた3種類のザリウム菌小型分生胞子を付着させたセルロースフィルムおよびメンブランフィルターをのせ、暗黒および紫外線照射下において、25°Cの定温設定条件下で、12.5時間培養した。なお、分生胞子は、セルロースフィルム（バイスキング製）には噴霧して、メンブランフィルター（ミリポア製HAWP O2500）には吸引して付着させた。培養後は、

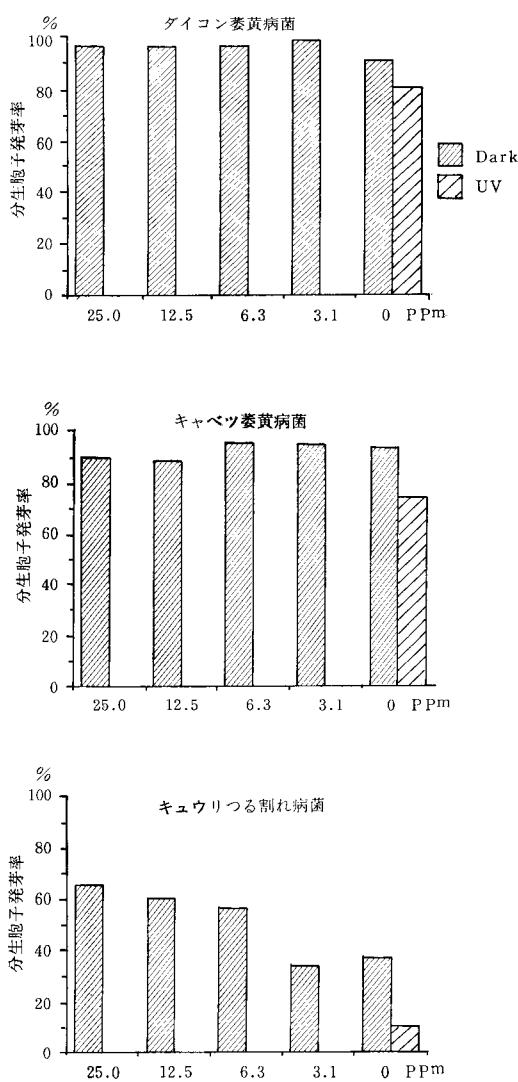


図40 α -terthienyl 溶液中の *Fusarium* 菌の胞子発芽率

表69 α -terthienyl と 2-acetyl-bithienyl 溶液中のキュウリつる割れ病菌の胞子発芽

濃度	α -terthienyl		2-acetyl-bithienyl	
	暗黒下	紫外線下	暗黒下	紫外線下
0 ppm	31.8%	11.9%	31.8%	11.9%
50	24.9	0.0	44.9	0.0
100	31.1	0.0	30.4	0.0
200	37.0	0.0	38.6	0.0

石炭酸ローズベンガル液で固定、染色して発芽率を調査した。

結果：セルロースフィルムを用いた結果を図41に、メンブランフィルターを用いた結果を図42に示す。透明な

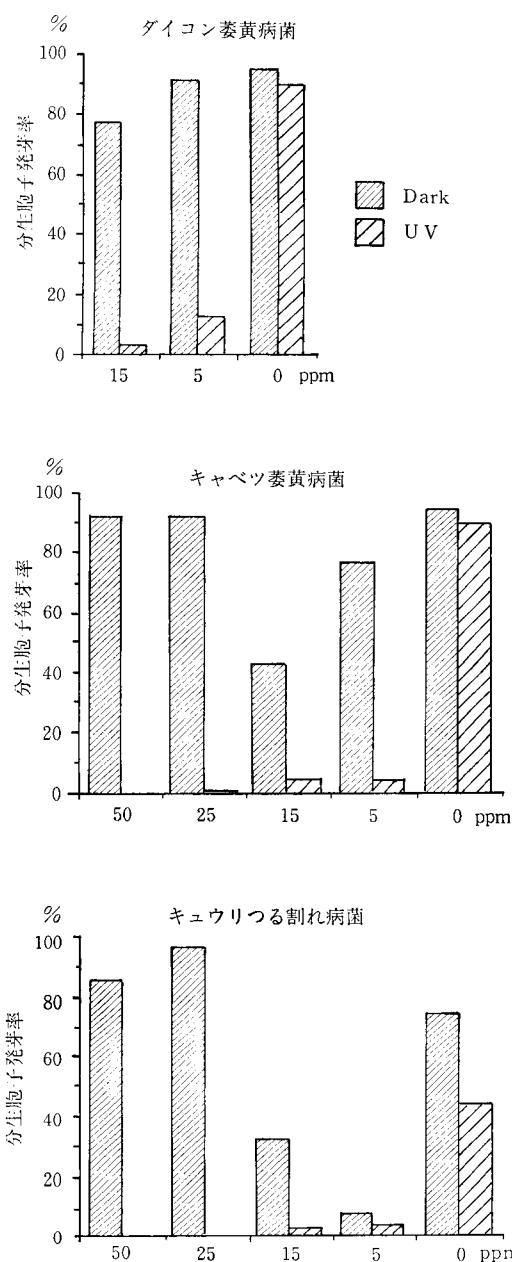


図41 α -terthienyl 加用土壤懸濁液に浮かべたセルロースフィルム上の *Fusarium* 菌の胞子発芽率

セルロースフィルム上の胞子は、紫外線照射下では、各菌とも5~15ppmで明らかに発芽が抑制され、25~50ppmではほぼ発芽率が0となった。しかし、暗黒では、やや発芽が遅れるものの、50ppmでもよく発芽した。一方、光を通過させないメンブランフィルター上の胞子

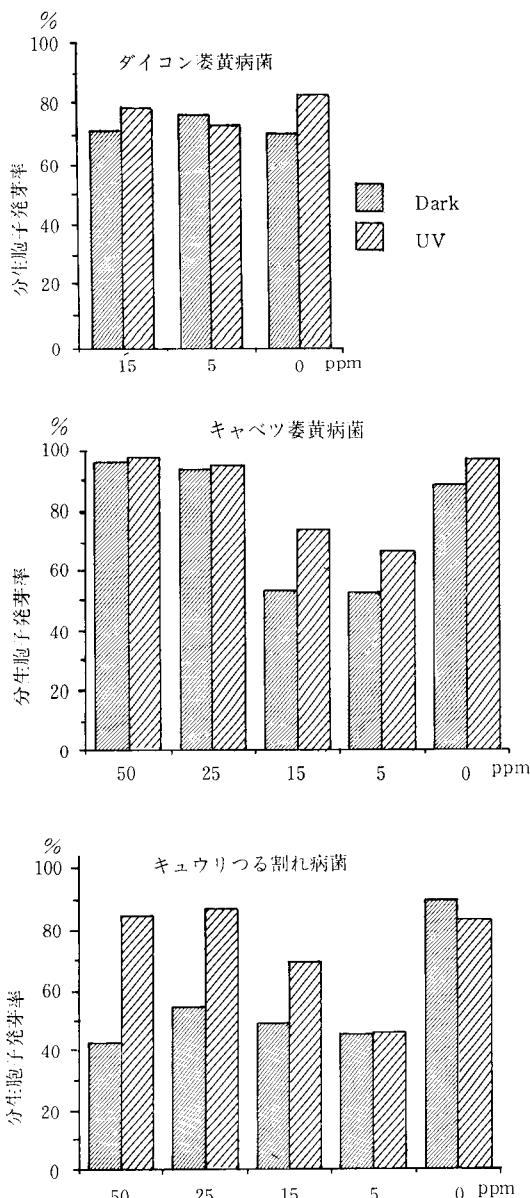


図42 α -terthienyl 加用土壤懸濁液に浮かべたミリポアフィルター上での *Fusarium* 菌の胞子発芽率

は、暗黒および紫外線照射下と共に、良く発芽した。

(3) α -terthienyl 加用 P S A 培地上での菌糸の生育

方法：所定濃度の α -terthienyl を加えた P S A 培地に、あらかじめ培養した3種類のフザリウム菌糸を先端をコルクボーラーで打ち抜いて接種し、暗黒および紫外線照射下において、25°Cの定温設定下で培養した。試験には9cmガラスシャーレを各4枚供試し、2日間培養後、2枚のシャーレは暗黒と紫外線照射下を入れ替えて、それぞれさらに4日間培養した。調査は、2日おきに行ない、菌糸の半径を測定した。

結果：培地の α -terthienyl 濃度は、0, 6.25, 25.0 および 50.0 ppm の4段階に変えて試験を行なったが、このうち、0 ppm と 50.0 ppm の結果を図43に示す。0 ppm では、暗黒および紫外線照射下でいずれも同様な生育を示したのに対し、 α -terthienyl 加用区では、紫外線照射下で明らかに生育が阻害され、その程度は濃度が高いほど高かった。培養2日後に、暗黒と紫外線照射下の培養条件を替えると、暗黒で生育していた菌糸は、紫外線照射下で生育が止まり、紫外線照射下で生育が抑えられていた菌糸は、暗黒に移すと直ちに生育を開始した。しかし、紫外線による生育抑制の程度は、培養日数の経過と共に低下し、その傾向はダイコン萎黄病菌と、キュウリつる割れ病菌で顕著であった。

4. 考 察

マリーゴールドが、殺センチュウ作用を示す理由については、諸説があるが、OOSTENBRINK ら(101, 102)が、何らかの殺センチュウ物質の存在を示唆している。UHRENBROKE ら(129, 130, 131)は、マリーゴールドの殺センチュウ成分について追跡し、 α -terthienyl とそ

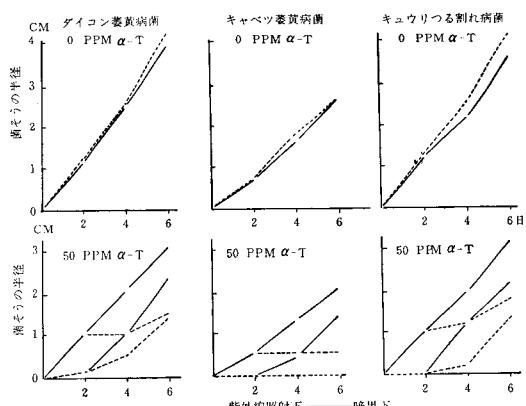


図43 α -terthienyl 加用 P D A 培地上での *Fusarium* 菌の菌糸の生育

の関連化合物を突き止めた。しかしその後、GOMMERS(29, 30)がその殺センチュウ作用について再検討し、 α -terthienylは、紫外線の存在下では、1ppmでも高い殺センチュウ作用を示すが、暗黒では活性が著しく低下することを報告した。さらに、マリーゴールドの根に寄生しているキタネグサレセンチュウは、 α -terthienylを体内に取り込んで生存しているが、取り出して光にあてると死んでしまうことを示した。これについては、フザリウム菌を用いて、その活性を検討したところ、全く同様な現象が認められた。しかも、その活性化と失活は可逆的で、 α -terthienylが、波長350μm付近の紫外線を強く吸収する(129)ことから、紫外線の照射による物質構造の変化ではなく、光エネルギーの吸収による励起現象(125)の1種と考えられる。このような物質が、土壤中の暗黒条件下で殺センチュウ作用を示すとは考えにくい。本試験の中でも、マリーゴールドを栽培すると、土壤中のキタネグサレセンチュウが根に侵入し、一定期間生存していることが確認されている。しかし、マリーゴールドの根内では、キタネグサレセンチュウは一部の品種を除いて増殖せず、やがて減少してしまう。これらの点から、マリーゴールドの栽培によるキタネグサレセン

チュウの密度の低下は、マリーゴールドの根によるトラッピングと、根内の増殖抑制と考えることができる。実際のマリーゴールドの利用にあたっては、この点は重要な示唆をあたえている。すなわち、効率的にキタネグサレセンチュウを防除するためには、できるだけ多くの根を、均一に土壤中に張らせることと、マリーゴールドの根内でキタネグサレセンチュウの密度が低下するまでの3か月以上の期間栽培しておくことが要点と言える。

一方、マリーゴールドの根内でキタネグサレセンチュウが増殖できない点や、マリーゴールドによる防除効果が長期間維持され、好寄主を栽培しても増殖が認められない点に関しては、何らかの物質の存在が示唆される。これについては、SUATMADJI(119)も同様な現象を認め、稲垣ら(47)も、根圈土壤でのキタネグサレセンチュウ密度の低下作用を認めている。本試験でも、マリーゴールドを栽培した後地土壤に、その影響を受けていないキタネグサレセンチュウを新たに接種しても、増殖の抑制や密度低下効果があることが示された。その物質が、 α -terthienylと関連するものか、全く別の物質であるかは明らかでなく、今後の検討が待たれるところである。

第5節 考

察

対抗植物を利用した防除技術は、農薬による防除に比べて、農家にとってより安全であること、農薬残留の危険がなく、消費者にとっても好ましいこと、土壤微生物相に対する影響が少なく、天敵微生物などの活動に影響をあたえないなど、多くの利点がある。さらに、マリーゴールドの利用は、薬剤に対して感受性の低いキタネグサレセンチュウに対する、確実な防除法として期待され、さらにその防除効果が長期間維持されることでその利用効果は大きい。

マリーゴールドが、植物寄生性センチュウの土壤中密度を減少させることは、ネコブセンチュウについて、アメリカのTYLERが1938年に報告した(127)のが最初である。同様な事例が、1941年にSTEINERによって報告された(118)が、実際にマリーゴールドの効果が注目されたのは、1953年にオランダのBERG-SMITが、スイセンのねぐされ病にマリーゴールドの栽培が有効であること

を報告し、SLOOTWEG(115)がこの現象を、キタネグサレセンチュウの減少によるものであることを確認して防除への利用を示唆してからである。その後、OOSTEN-BRINKら(101, 102)の基礎的な研究や、UHLENBROEKら(129, 130, 131)の殺センチュウ成分の研究、さらにSUATMADJI(119)の実用的な研究など、多くの報告(26, 78, 86, 121, 132)が続いている。我が国でも、弥富ら(143)や湯原(146)が、いち早くその効果を確認し、また、富田(124)は、UHLENBROEKらの業績(129, 130, 131)を紹介している。しかし、実際の農家の栽培体系に組み込んで、その実用化に成功したのは、本研究が最初である。現地農家では、1973年から普及に移され、現在もその技術は農家に定着し、利用されている。最近では、全国的にマリーゴールドの利用が検討され、各地で成果が報告(43, 46, 57, 58, 111, 113, 114, 128)されており、今後ともその利用場面の拡大が期待される。

第7章 輪作による防除対策の検討

三浦半島の短期輪作体系の中で、夏作のスイカの間作または代替作物としてマリーゴールドを導入する技術については、前章で取りまとめた。

本章では、さらに長期的な観点から、地力維持効果も含めた得失と利用法について、他の輪作作物と比較しながら検討した。

第1節 緑肥作物の栽培が後作栽培時のセンチュウ密度および作物の品質に及ぼす影響

1. 三浦型輪作体系での実証

方法：神奈川県園芸試験場三浦分場の、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2種が混生している圃場で試験を実施した。初年度（1978年）の夏作物としてスイカ（相生ユウガオ台縞王）、マリーゴールド（メキシカンマリーゴールド）、ラッカセイ（タチマサリ）またはソルゴー（ソルダン）の4種の植物を栽培した。その後慣行にしたがって、冬作ダイコン、夏作スイカ、冬作ダイコンを順次栽培した。初年度の夏作物の耕種概要は、次のとおりとした。スイカは、5月2日に定植（畦幅6m、株間80cm）し、7月下旬から8月上旬に収穫した。マリーゴールドは、6月1日に40日苗を定植（畦幅60cm、株間50cm）し、8月22日に刈り倒して2日後につき込んだ。ラッカセイは、5月15日に播種（畦幅60cm、株間18cm）し、8月24日に収穫した。ソルゴーは、5月15日に播種（畦幅60cm、条播）し、7月17日に刈り倒した後、7月25日につき込んだ。後作のダイコンは、1978年9月14日に播種し、翌年の1月10日～29日に収穫、4月16日にはスイカを定植して8月1日に収穫した。さらに1979年9月13日にダイコンを播種し、1月24日に収穫した。

調査は、各作物の生育、収量と、土壤中のキタネグサレセンチュウおよびサツマイモネコブセンチュウ密度、ダイコンおよびスイカの被害度などについて行った。試験は、1区51m²とし、スイカ区とソルゴー区は4連制、その他は2連制とした。

結果：土壤中のキタネグサレセンチュウおよびサツマイモネコブセンチュウ密度の推移を図44に示す。キタネグサレセンチュウは、いずれの作物栽培区でも夏期に密度が低下したが、とくにマリーゴールド区とラッカセイ区の減少が顕著であった。後作のダイコンでは、ソルゴ

ー区で顕著に増殖し、スイカとラッカセイ区でも密度が回復したのに対し、マリーゴールド区では低密度のまま経過した。ダイコンの被害度は、表70に示すように土壤

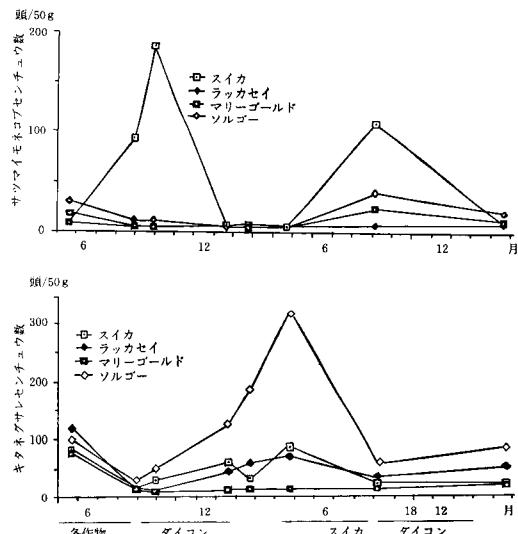


図44 各種の緑肥作物等の栽培後のキタネグサレセンチュウおよびサツマイモネコブセンチュウ密度の消長

表70 緑肥作物等の栽培後作物のセンチュウ被害状況

試験区 (1978年夏作)	1972年冬作 ダイコン 被害度指数	1979年夏作 スイカ 根こぶ指数	1979年冬作 ダイコン 被害度指数
スイカ	41.4	81.8	31.2
マリーゴールド	19.9	56.6	24.8
ラッカセイ	45.1	8.2	56.3
ソルゴー	61.1	34.5	69.0

中の密度の動きによく対応し、マリーゴールド区が低く、スイカ、ラッカセイ、ソルゴーの順に高くなつた。その後の土壤中のキタネグサレセンチュウ密度の推移を見ると、マリーゴールド区では低密度のまま経過したが、ソルゴー区は夏作スイカで著しい高密度となつた。さらに次年度のダイコンでは、マリーゴールド区の密度がわずかながら上昇し、ソルゴー区では落ち着いて、区間の差は前年度より接近した。ダイコンの被害度は、前年度とほぼ同様な結果であった。

サツマイモネコブセンチュウの密度は、初年度の夏作後ではスイカ区で著しく高く、その他の作物栽培区では低かった。しかし、次年度夏作のスイカ栽培によって、マリーゴールド区とスイカ区ではかなり高密度となつた。これに対し、ラッカセイ区では、低密度のまま経過した。スイカの根こぶの着生状況(表70)は、土壤中の密度に対応して、ラッカセイ区で顕著に少なかつた。

各種の作物を導入した後作ダイコン(2作目)の収量を表71に、品質を表72に示す。ダイコンの収量、秀品率

表71 緑肥作物等の栽培後作ダイコンの収量
(1979年冬作)

試験区	平均根重	総収量	秀品率(重量)
スイカ	3.08kg	9.91t	48.6%
マリーゴールド	3.04	12.69	98.4
ラッカセイ	3.07	9.34	43.4
ソルゴー	2.92	6.41	0.0

表72 緑肥作物等の栽培後作ダイコンの品質
(1978年冬作)

試験区	裂根発生株率	根発生株率	横縞症発生株率	センチュウ被害率	コガネムシ被害率
スイカ	14.3%	19.3%	24.3%	36.8%	60.0%
マリーゴールド	5.0	6.5	8.0	21.5	23.0
ラッカセイ	8.5	29.5	5.5	44.5	68.0
ソルゴー	8.5	47.3	10.8	57.3	83.0

表73 緑肥作物等の栽培後作スイカの収量および品質
(1979年夏作)

試験区	5月29日子づる合計長	7月20日Brix	7月20日～8月1日		
			1果平均重	10a総収量	秀品果率
スイカ	2.74m	11.2	5.77kg	3.57t	68.8%
マリーゴールド	3.08	11.2	6.62	4.47	68.1
ラッカセイ	2.92	11.1	5.69	5.12	34.4
ソルゴー	2.74	10.7	5.86	4.32	42.4

は、マリーゴールド区で顕著に高く、次いでラッカセイ区で高かった。ソルゴー区では、岐根の発生が多く、またキタネグサレセンチュウの被害やコガネムシによる食害などが多くあった。3作目のスイカの収量および品質を、表73に示す。初期生育は、マリーゴールド区で良かったほか、ラッカセイ区とマリーゴールド区で収量、秀、優品率が高かった。

2. 後作ダイコンの障害発生要因の解明

方法：コンクリート板で仕切った無底の枠ほ場(深さ1m)の、表層から60cmの土壤を搬出し、それぞれ来歴のわかっている赤土と黒土を搬入した。赤土は、三浦分場内14号ほ場の中層土である淡色黒ぼく土、黒土は、三浦分場場外ほ場表層の黒ぼく土を用いた。試験は、2年連続して同一処理とし、夏作物としてソルゴーまたはマリーゴールドを栽培した。ソルゴー区には、赤土と黒土にそれぞれ土壤消毒区を設け、1979年はトラベックサイド油剤を、1980年はクロルビクリンをダイコン栽培前に処理した。冬作にはダイコンを栽培し、生育、収量を調査すると共に、裂根、岐根、横縞症などの障害の発生程度を調査した。なお、試験開始前の1979年6月12日に、供試した赤土と黒土について、土壤微生物相の調査を行なった。この調査は、糸状菌がマーチン(69)培地、細菌と放線菌はアルブミン寒天培地(133)、フザリウム菌は駒田(61)培地を用い、平板希釀法で行なった。試験は、1区1.75m²とし、3連制で実施した。

結果：処理前の供試土壤の微生物相を、表74に示す。黒土は、赤土に比べて糸状菌と放線菌の密度が高く、とくにフザリウム菌の差が顕著であった。しかし細菌数はほぼ同程度であった。ダイコンの生育および収穫率を、表75に示す。生育は、両年度ともに同様な区間差を示し、土壤消毒によって生育が促進された。消毒をしなかった区では、とくに黒土のソルゴー後で顕著に生育が劣った。収穫率は、生育初期のリゾクトニア菌による根くびれ病の発生率に影響され、赤土と黒土では、黒土区で明らかに低かった。また、土壤消毒によって、いずれの土壤も収穫率が高くなった。マリーゴールド区では、土壤消毒処理が無く、比較は難しいが、1979年は低い収穫率であったのに対し、翌年は高くなつた。

ダイコンの品質を、表76に示す。裂根は、1979年はマリーゴールド区を除いていずれも高い発生率を示したが、翌年はほとんど発生がなかった。岐根の発生を見ると、初年度は赤土と黒土の差が顕著で黒土区で多く、黒土区の中では無消毒区で一番多かった。2年目は、赤土、黒土とともに無消毒区での発生が多く、両土壤の消毒

表74 試験開始前の供試土壤の微生物相

土質	糸状菌 ($\times 10^4$)	放線菌 ($\times 10^6$)	細菌 ($\times 10^6$)	フザリウム属菌 ($\times 10^2$)
赤土	20.8	18.3	79.7	55.4
黒土	47.6	30.1	73.6	146.3

表75 緑肥作物等の栽培後の土壤消毒がダイコンの生育および収穫率に及ぼす影響

土質	試験	区	夏作物	根重		根長		収穫率	
				1979	1980	1979	1980	1979	1980
赤土	有り	ソルゴー	ソルゴー	2.5kg	1.2kg	41cm	33cm	91%	94%
"	無し	"	"	1.8	0.9	35	29	89	83
黒土	有り	ソルゴー	ソルゴー	2.5	1.3	41	33	76	89
"	無し	"	"	1.3	0.6	28	24	58	67
黒土	無し	マリーゴールド	マリーゴールド	1.9	0.9	34	28	49	83

表76 緑肥作物等の栽培後の土壤消毒がダイコンの品質に及ぼす影響

土質	試験	区	夏作物	裂根発生株率		岐根発生株率		横縞症発生指数	
				1979	1980	1979	1980	1979	1980
赤土	有り	ソルゴー	ソルゴー	19.5%	1.0%	2.2%	0.5%	3.1	2.9
"	無し	"	"	15.5	0.5	5.1	11.7	3.3	2.8
黒土	有り	ソルゴー	ソルゴー	12.3	1.0	30.3	1.0	13.2	7.8
"	無し	"	"	12.2	0.5	57.4	11.8	2.9	1.4
黒土	無し	マリーゴールド	マリーゴールド	0.0	0.0	31.1	5.1	6.3	4.0

区と、黒土無消毒のマリーゴールド区では少なかった。横縞症は、両年とも黒土消毒区で多い傾向を示した。

このように、緑肥作物等のすき込み後の、後作ダイコンでは、生育不良や、病害、岐根などが増加するが、その程度は、赤土に比べて糸状菌などの密度の高い黒土で

高く、いずれも土壤消毒によって改善される点から、微生物のかかわりが大きいと考えられる。また、その影響が、ソルゴーに比べ、マリーゴールドで小さいのは、すき込む有機物の量の違いによるものと推察される。

第2節 三浦型短期輪作ほ場における異種作物短期導入実証試験

1. 材料および方法

(1) 处理方法：ダイコン、キャベツ、スイカの年間3作の輪作を基本として、夏作スイカの代替に、ソルゴーまたはマリーゴールドを1~2年栽培して、基幹作物のダイコンに対する総合的な効果を検討した。試験は、現地農家の代表的なほ場2か所と、神奈川県園芸試験場三浦分場のほ場で実施した。

(2) 試験ほ場の概要：a. 分場ほ場=三浦市初声町下

宮田3002の園試内9号ほ場である。1970年に表層土を削って造成されたほ場で、B層が露出した褐色火山灰土壤である。スイカ、ダイコン、キャベツなどが連作されている。

b. 新倉氏ほ場=三浦市初声町和田神坂2676に位置する。主にスイカ、キャベツの年2作の作型で連作されてきた、典型的な黒色火山灰土の黒ぼくほ場である。キタネグサレセンチュウ密度が高く、試験開始前の1979年8

月23日にD—D・メチルイソチオシアネート油剤50 l/haを処理した。

c. 松原氏は場=三浦市南下浦町上宮山向原2838に位置する。長年にわたって、スイカ、ダイコンの年2作の作型で連作されてきたは場である。深い火山灰土壌で、1977年夏に、土木機械のエンボーを用い、深さ約1mの天地返しを行なった。この天地返しは、表層の黒味の強いA層と、その下の褐色のB層を入れ替える形で行なったが、耕土層は、B層土壌にA層土壌がかなり混じっており、むしろ深耕に近い。

(3) 試験区の構成：試験は、分場は場が1979年夏作から、現地農家は場が1979年冬作から開始した。分場は場

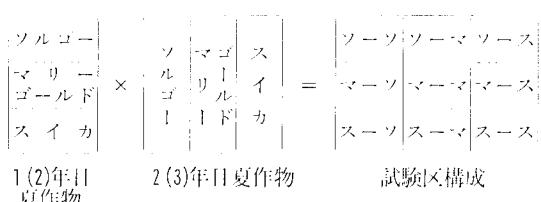


図45 夏作物としてのフルゴー、マリーゴールドおよびスイカの組み合わせによる試験区の構成

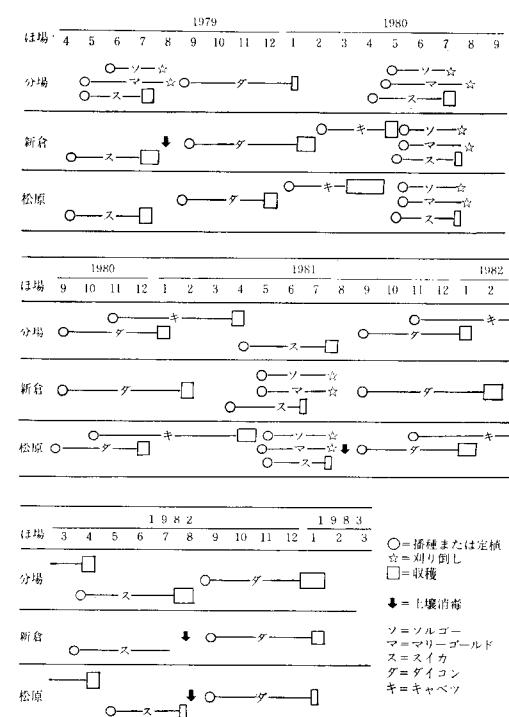


図46 各試験は場の作付け状況

は1979年と1980年の、現地は場は1980年と1981年の夏作に試験作物を栽培し、その他の年の夏作はスイカを均一栽培した。試験作物は、図45に示すように、1年目と2年目の配置を交差させ、合計9試験区を3連制で設定した。試験は場の面積は、分場は場が1,431m²(1×53m²)、新倉氏は場が1,000m²(1×37m²)、松原氏は場が1,080m²(1×40m²)とした。

(4) 耕種概要：各は場の作付け状況を図46に示す。その詳細は、下記のとおりである。

a. 分場は場=1979年5月2日元肥施肥、5月2日スイカ定植、7月中旬～下旬収穫、5月7日マリーゴールド定植、8月23日刈り倒しおよびすき込み、6月4日ソルゴー播種、8月6日刈り倒しおよびすき込み。

1979年9月6日ダイコン元肥施肥、9月10日播種、10月15日追肥、1980年1月下旬収穫。

1980年4月9日スイカ元肥施肥、4月21日定植、5月14日追肥、7月中旬～下旬収穫、5月7日マリーゴールド元肥施肥および定植、8月13日刈り倒しおよび収穫、5月7日ソルゴー元肥施肥、5月14日播種、7月24日刈り倒しおよびすき込み。

1980年9月11日ダイコン元肥施肥、同日播種、10月13日追肥、1981年1月中旬収穫。

1980年10月13日春キャベツ元肥(=ダイコン追肥)施肥、11月12日定植、1981年4月15日収穫。

1981年4月23日スイカ元肥(全量)施肥およびスイカ定植、8月5日収穫。

1981年9月14日ダイコン元肥施肥および播種、10月20日追肥、1982年1月中旬収穫。

1982年1月27日春キャベツ元肥施肥および定植、4月23～27日収穫。

1982年5月6日スイカ元肥施肥、5月8日定植、7月下旬～8月中旬の収穫。

1982年9月7日ダイコン元肥施肥、9月10日播種、10月18日追肥、1983年1月上旬～下旬収穫。

b. 新倉氏は場=1979年9月12日ダイコン元肥施肥、9月16日播種、1980年1月下旬～2月上旬収穫。

1980年2月29日春キャベツ元肥施肥、同日～3月2日定植、5月中旬～下旬収穫。

1980年5月29日元肥施肥、5月29日スイカ定植、8月上旬収穫、5月30日マリーゴールド定植、8月13日刈り倒しおよびすき込み、5月30日ソルゴー播種、8月6日刈り倒しおよびすき込み。

1980年9月12日ダイコン元肥施肥、9月16日播種、10月12日および1981年1月10～12日追肥、2月中旬収穫。

1981年4月6日元肥施肥、4月8日スイカ定植、7月10日収穫、5月13日マリーゴールド定植およびソルゴー播種、8月3日刈り倒し、8月19日すき込み。

1981年9月10日ダイコン元肥施肥、9月13日播種、10月8日追肥、1982年2月中～下旬収穫。

1982年4月10日スイカ元肥施肥、同日定植、5月23日および6月11日追肥、収穫は、台風の被害により無し。

1982年8月12日土壤消毒(D-D・メチルイソチオシアネート油剤30l/10a)、9月18日ダイコン元肥施肥、9月22日播種、10月23日追肥、1983年1月中～下旬収穫。

c. 松原氏は場=1979年9月7日ダイコン元肥施肥、9月7日播種、12月中～下旬収穫。

1980年1月7日春キャベツ元肥施肥、1月8～13日定植、1月26日および2月13日追肥、3月下旬～5月上旬収穫。

1980年5月20日元肥施肥、5月21日スイカ定植、6月16日追肥、8月9日収穫、5月30日マリーゴールド定植、8月13日刈り倒しおよびすき込み、5月30日ソルゴー播種、8月5日刈り倒しおよびすき込み。

1980年9月7日ダイコン元肥施肥および播種、10月24日追肥、12月下旬収穫。

1980年10月24日春キャベツ元肥施肥(=ダイコン追肥)、10月26日定植、1981年1月16日および3月3日追肥、4月中～5月上旬収穫。

1981年5月10日元肥施肥、5月20日スイカ定植、6月20日追肥、8月5日収穫、5月13日マリーゴールド定植、8月7日刈り倒し、8月13日すき込み、5月30日ソルゴー播種、8月7日刈り倒し、8月13日すき込み。

1981年8月31日土壤消毒(臭化メチル・クロルビクリンくん蒸剤30l/10a)、9月10日ダイコン元肥施肥、9月13日播種、10月19日追肥、1982年1月中～下旬収穫。

1981年10月19日春キャベツ元肥施肥(=ダイコン追肥)、11月14日定植、12月15日および1982年2月13日追肥、4月中～下旬収穫。

1982年5月6日スイカ元肥施肥、5月10日定植、6月25日追肥、8月上旬収穫。

1982年8月30日土壤消毒(D-D・メチルイソチオシアネート油剤30l/10a)、9月18日ダイコン元肥施肥および播種、10月26日追肥、1983年1月中旬収穫。

(5) 調査方法：a. 各作物の収穫量=夏作物のソルゴーとマリーゴールドは試験区内の2～3m²を刈り取り、地上部重量を測定した。スイカは、分場ほ場のみで収量調査を行なった。

ダイコンは、1979年度と1980年度は1区50株、1981年度と1982年度は1区30株について葉付き重量(出荷形態に合わせ、葉を15cm残した)を測定し、平均根重を算出した。

春キャベツについては、収量調査を行なわなかった。

b. ダイコンの品質調査=根重を測定したダイコンについて、裂根、岐根、横縞症、亜裂褐変症状、黒点輪ぐされ病およびキタネグサレセンチュウの被害について、その発生株率および発生程度を調査した。発生程度は、キタネグサレセンチュウの被害度調査に準じ、指数0～4の5段階で評価し、被害度指数として算出した。

c. 土壤中のキタネグサレセンチュウ密度の推移=原則として、各作物の作付け前に、各試験区から採土して分離、計数した。

d. 土壤中の微生物相の調査=原則として、毎年ダイコン作付け前の土壤を採取した。調査は、平板希釀法で行なった。それぞれ、糸状菌は、MARTIN(69)変法、バクテリアは、WAKSMAN & FRED(133)変法、放線菌は、JAMES(53)法、フザリウム菌は、駒田(61)法の培地を利用した。

e. 試験区の表示=試験区は、夏作物の種類と作付けの順序で表示した。また、それぞれの試験区には下記の略号を用いた。ソルゴー+ソルゴー(S-S)、ソルゴー+マリーゴールド(S-M)、ソルゴー+スイカ(S-W)、マリーゴールド+ソルゴー(M-S)、マリーゴールド+マリーゴールド(M-M)、マリーゴールド+スイカ(M-W)、スイカ+ソルゴー(W-S)、スイカ+マリーゴールド(W-M)、スイカ+スイカ(W-W)。

2. 試験結果

(1) 作物の収量：各ほ場における、ソルゴーとマリーゴールドの収穫量(すき込み量)を、表77に示す。ソルゴーの収穫量は、年によって栽培期間が異なるため、最少5.0t/10a、最大9.6t/10aと2倍近い差があった。マリーゴールドも、2.7t/10a～4.7t/10aまでの開きがあった。2年間の、10aあたりの生有機物すき込み量は、S-S区で約12～14t、M-M区で約6～8tとなつた。スイカは、分場ほ場の果実収量を示したが、2.4～4.7t/10aで、W-W区の持ち出し量は約7tであった。

均一栽培を行なつた、1981および1982年の分場のスイカの収量調査結果を、表78に示す。いずれの年も、W-W区に比べ、異種作物を導入した区の収量が高い傾向を示し、とくにマリーゴールドの連作区(M-M)で初期

表77 異種作物短期導入における夏作ソルゴーおよびマリーゴールドの収量 (t/10a)

試験区	分場ほ場				新倉ほ場				松原ほ場			
	1年目		2年目		1年目		2年目		1年目		2年目	
	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M
S-S	9.38		5.27		5.09		6.55		8.06		6.13	
S-M	9.57			3.07	5.00			4.73	8.46			3.59
S-W	8.95				4.98				7.22			
M-S		3.80	5.13			4.37	6.46			3.45	6.60	
M-M		3.00		2.68		4.07		3.82		3.35		4.10
M-W		3.30				4.08				3.24		
W-S			5.13				6.08			6.20		
W-M				2.71				4.09			3.63	

注: S=ソルゴー, M=マリーゴールド, W=スイカ.

表78 異種作物短期導入における分場ほ場のスイカ収量 (10aあたり)

試験区	1981 (3年目)			1982 (4年目)		
	収穫個数	総重量	平均果重	収穫個数	総重量	平均果重
S-S	515個	2.71 t	5.3kg	302個	1.98 t	6.6kg
S-M	509	2.58	5.1	326	1.95	6.0
S-W	377	1.81	4.8	240	1.60	6.7
M-S	553	2.82	5.1	320	1.98	6.2
M-M	560	2.67	4.8	409	2.81	6.9
M-W	421	1.89	4.5	245	1.46	6.0
W-S	409	2.00	4.9	308	1.98	6.4
W-M	466	2.22	4.8	257	1.56	6.1
W-W	434	1.85	4.3	296	1.77	6.0

注: S=ソルゴー, M=マリーゴールド, W=スイカ.

収量が高かった.

ダイコンの生育は、表79に示すとおりである。いずれも、スイカ連作区(W-W)を基準とし、その比で根重を比較した。なお、1979年の新倉氏ほ場と松原氏ほ場は、試験夏作物導入前の均一栽培の状況である。1年目夏作物導入後のダイコンでは、ソルゴー導入区で根重がやや少ない傾向を示した。2年目夏作物導入後では、新倉ほ場でその影響が顕著で、スイカ連作区(W-W)に比べ、ソルゴー導入区(S-S, M-S, W-S)で根重が少なかった。すなわち、ダイコンの生育は、前作の種類とそのすき込みの影響が大きく、その影響は、ソルゴー、マリーゴールド、スイカの順であった。この傾向は、1980年の分場ほ場、1981年の松原ほ場でも認められた。しかし、異種作物を導入して1年を経過し、前作に

スイカを栽培した後では、その影響は軽減され、天地返しをした松原ほ場のように、地力の低いほ場では、ソルゴーやマリーゴールドを綠肥としてすき込んだS-S区、M-S区、W-S区などの根重が重くなった。

これらの結果から、ダイコンの生育は、前作にソルゴー、マリーゴールドを栽培してすき込むと、その影響を受けて抑制され、その程度は、すき込んだ有機物の量と関連すること、また、その影響は、1年を経過すると軽減され、むしろ地力を高め、ダイコンやスイカの収量を高める効果を現すものと考えられる。

(2) ダイコンの品質: 裂根および岐根の発生状況を、表80に取りまとめた。裂根と岐根の発生率は、互いに良く似た傾向を示した。その推移には、土壤消毒との関係が大きく、松原氏ほ場では、臭化メチル・クロルピクリ

表79 異種作物短期導入におけるダイコンの生育 (W-W区を100とした指標)

ほ 場	試験区	収穫時根重(kg)				同左 W-W 区比 (%)			
		1979年	1980年	1981年	1982年	1979年	1980年	1981年	1982年
分	S-S		1.86	2.11	2.40		95	95	99
	S-M	2.70	2.03	2.05	2.30	92	104	94	95
	S-W		1.79	2.21	2.26		92	101	93
	M-S		1.86	2.04	2.31		95	93	95
	M-M	3.04	1.89	2.15	2.26	104	97	98	93
	M-W		1.90	2.09	2.37		97	95	98
場	W-S		1.80	2.18	2.48		92	100	102
	W-M	2.92	1.92	2.16	2.18	100	98	99	90
	W-W		1.95	2.19	2.43		100	100	100
新	S-S			2.50	1.96			82	94
	S-M	2.01	1.64	2.80	1.93	94	99	94	93
	S-W			2.92	1.96			96	94
倉	M-S			2.70	2.28			89	110
	M-M	2.09	1.58	2.67	2.02	98	95	88	97
	M-W			2.72	1.99			89	96
氏	W-S			2.68	2.00			88	96
	W-M	2.13	1.66	2.84	1.93	100	100	93	93
	W-W			3.04	2.08			100	100
松	S-S			1.88	1.95			93	110
	S-M	2.16	2.07	1.89	1.83	99	92	94	103
	S-W			2.11	1.89			104	107
原	M-S			1.96	2.06			97	116
	M-M	2.17	2.31	2.01	1.69	99	102	100	95
	M-W			2.01	1.83			100	103
氏	W-S			1.97	1.93			98	109
	W-M	2.19	2.26	1.98	1.78	100	100	98	101
	W-W			2.02	1.77			100	100

注: S=ソルゴー, M=マリーゴールド, W=スイカ.

ンくん蒸剤を処理した1981年および、D-D・メチルイソチオシアネート油剤を処理した1982年がそれ以前に比べて発生率が低かった。同様に、新倉氏は場では、D-D・メチルイソチオシアネート油剤を処理した1979年に発生率が低く、また、1982年のD-D・メチルイソチオシアネート油剤処理後も前年に比べて軽減された。一方、これらの薬剤処理の影響を受けなかった年度で比較すると、例えば新倉氏は場の1981年や、分場は場の1979および1980年のように、ソルゴー導入区で裂根および岐根の発生率が顕著に高かった。また、マリーゴールド導

入区でも、ソルゴー区ほどではないが、スイカ区に比べて高くなる傾向を示した。さらにその影響は、分場は場の1981年のように、翌年まで持ち越されたが、2年を経過した1982年には、その影響はなくなった。これらの結果から、岐根および裂根の発生は、ソルゴーやマリーゴールドの栽培、すき込みによって増加し、その影響はソルゴーの方が大きいこと、それらは、土壌消毒によって明らかに軽減される点から、理化学的要因のほかに、生物的な要因によることが大きいと考えられる。

横縞症および亀裂褐変症の発生状況を表81に示す。

表80 異種作物短期導入におけるダイコンの裂根および岐根発生状況

ほ 場	試験区	裂根発生株率(%)				岐根発生株率(%)			
		1979年	1980年	1981年	1982年	1979年	1980年	1981年	1982年
分	S-S		9	11	9		15	8	3
	S-M	33	8	2	8	11	4	6	2
	S-W		4	7	14		7	7	2
	M-S		10	3	11		10	14	4
	M-M	24	5	11	9	2	5	13	1
	M-W		8	4	10		8	9	0
場	W-S		15	6	13		25	16	1
	W-M	16	9	6	6	7	8	11	2
	W-W		10	2	8		3	2	0
新	S-S			15	13			35	14
	S-M	3	13	5	18	1	9	23	11
	S-W			7	9			14	7
倉	M-S			12	9			35	15
	M-M	7	10	7	7	0	17	17	8
	M-W			9	11			16	10
氏	W-S			17	9			46	5
	W-M	7	9	3	6	0	18	26	5
	W-W			9	10			11	3
松	S-S			6	7			0	0
	S-M	26	36	2	7	11	11	0	1
	S-W			6	9			1	1
原	M-S			3	4			1	1
	M-M	23	28	2	5	6	11	3	2
	M-W			3	3			2	6
氏	W-S			7	7			2	0
	W-M	29	24	2	6	7	14	1	2
	W-W			7	13			1	1

注：S=ソルゴー，M=マリーゴールド，W=スイカ。

両症状とも、年度によってやや差があるものの、処理区には一定の傾向が認められず、また土壤消毒の影響も明瞭でなかった。なお、新倉氏は場の1981年と1982年は、両症状ともに発生率が低かった。これは、ダイコンの品種を、この年度に新倉氏は場で‘力都’にした（その他は、すべて分場系または農協系（三浦都））ためと考えられ、品種の影響が大きいことを示した。両症状共に、発生株率は高かったが、その程度はいずれも軽く、商品性への影響は少なかった。

黒点輪ぐされ病は、松原氏は場のみに発生した。発生

の推移は、表82に示すとおりで、初年度の発生は、6～14%であった。翌年には16～27%に増加し、1981年には、本病を対象に臭化メチル・クロルピクリンくん蒸剤を用いて土壤消毒を行なったが、ほとんど効果が認められなかった。1982年には、再度、D-D・メチルイソチオシアネート油剤の処理を行ない、その発生を軽減したが、なお根絶できなかった。本病の発生は、初年度の発生状況がそのまま影響し、夏作の種類など、試験区の影響は認められなかった。

(3) 土壌中のキタネクサレセンチュウ数の推移とダイ

表81 異種作物短期導入におけるダイコン横縞症および亀裂褐変症発生状況

ほ 場	試験区	横縞症発生株率(%)				亀裂褐変症発生株率(%)			
		1979年	1980年	1981年	1982年	1979年	1980年	1981年	1982年
分	S-S		51	46	46		20	13	22
	S-M	29	44	22	53	27	18	8	29
	S-W		57	30	52		23	12	34
場	M-S		55	32	60		24	18	29
	M-M	23	63	37	51	19	22	27	30
	M-W		46	30	58		28	18	29
新	W-S		45	31	63		16	18	33
	W-M	37	49	33	48	28	17	14	33
	W-W		62	42	62		25	20	30
倉	S-S		2	9			4	18	
	S-M	30	31	1	11	13	32	3	26
	S-W			4	11			4	9
氏	M-S		2	8			9	27	
	M-M	27	34	1	10	9	14	1	26
	M-W			8	12			5	22
松	W-S		3	9			7	16	
	W-M	28	42	1	13	8	19	2	21
	W-W			4	8			17	17
原	S-S		29	32			26	24	
	S-M	54	40	37	29	28	12	13	24
	S-W			50	36			30	27
氏	M-S		42	26			28	18	
	M-M	58	42	41	27	30	9	26	32
	M-W			54	38			30	25
松	W-S		44	19			25	21	
	W-M	40	45	46	38	29	8	30	33
	W-W			50	37			24	24

注: S=ソルゴー, M=マリーゴールド, W=スイカ.

表82 松原氏ほ場の黒点輪ぐされ病の発生推移

試験区	1979	1980	1981	1982
S-S			34.4%	11.1%
S-M	13.7%	26.8%	40.0	11.3
S-W			27.8	6.7
M-S			22.2	4.4
M-M	6.1	15.6	11.1	4.5
M-W			31.5	17.8
W-S			20.2	7.0
W-M	9.5	25.0	30.0	6.7
W-W			27.8	11.1

注: S=ソルゴー, M=マリーゴールド, W=スイカ.

コンの被害: 土壌中のキタネグサレセンチュウ数の推移を、表83に示す。分場ほ場は、全体にキタネグサレセンチュウの発生が少なく、反復の中に、全く発生のない区があったため、平均値では振れがあるものの、傾向としては、ソルゴー栽培区で密度が増加し、マリーゴールド区で減少した。

新倉氏ほ場では、1979年のダイコン作付け前の密度が、26~48頭/50gと高く、あらかじめD-D・メチルイソチオシアネット油剤で土壌消毒をして試験を開始した。1980年の春キャベツ栽培後の調査では、各区とも11

表83 異種作物短期導入における土壤中のキタネグサレセンチュウ密度の推移

ほ 場	試験区	1979年		1980年		1981年		1982年	
		8月	5月	9月	3月	8月	3月	8月	
分	S-S			3.7頭		15.3頭	4.0頭	9.7頭	
	S-M	3.7頭		0.0		0.3	1.0	1.0	
	S-W			11.7		1.0	0.3	2.7	
	M-S			0.0		0.0	0.0	0.0	
	M-M	0.0		0.0		0.3	0.3	0.0	
	M-W			0.0		3.0	2.0	9.0	
場	W-S			2.3		12.0	3.3	1.3	
	W-M	1.7		0.0		0.7	0.3	0.0	
	W-W			1.0		0.0	1.3	3.3	
新	S-S					39.0	33.0	0.3	
	S-M	26.0	11.0頭	23.3	45.0頭	1.3	12.3	0.0	
	S-W					5.3	27.0	0.0	
倉	M-S					8.0	13.3	0.0	
	M-M	26.3	16.3	3.7	3.0	0.3	2.5	0.0	
	M-W					0.0	4.0	0.0	
氏	W-S					14.3	48.0	0.7	
	W-M	48.3	11.7	18.3	30.0	3.0	2.0	0.0	
	W-W					6.0	14.0	0.0	
松	S-S					(20.7)	(5.0)	(77.0)	
	S-M	(0.0)	(35.0)	(14.0)	(16.0)	(12.7)	(2.3)	(81.3)	
	M-W					(11.0)	(5.3)	(41.3)	
原	W-S					(17.7)	(5.3)	(32.3)	
	M-M	(0.0)	(40.7)	(7.0)	(16.7)	(8.0)	(7.0)	(35.0)	
	M-W					(15.3)	(4.0)	(32.3)	
氏	W-S					(16.3)	(11.3)	(60.0)	
	W-M	(0.0)	(31.0)	(8.0)	(11.7)	(21.3)	(5.3)	(75.0)	
	W-W					(18.0)	(11.7)	(12.7)	

注: S=ソルゴー, M=マリーゴールド, W=スイカ。

数字は、土壤50gあたりキタネグサレセンチュウ数、()内はムギネグサレセンチュウ。

~16頭/50gの密度で、その間の調査がないが、土壤消毒で低下した密度が、既に復元の兆候を示したものと考えられる。1年目の夏作物導入後は、マリーゴールド区で顕著に減少し、ソルゴー区で高かった。2年目の夏作物導入後は、ソルゴー連作区(S-S)で高密度となり、W-S区やM-S区などでも増加の傾向を示した。これに対し、M-M区、M-W区、W-M区など、マリーゴールドが入ってソルゴーの入らない区では、低密度で経過した。1982年の、D-D・×チルイソチオシアネ

ート油剤処理後は、その防除効果によって低密度となつた。

松原氏ほ場では、1980年から、ネグサレセンチュウの発生が認められたが、試験区と密度の関係は認められず、ダイコンの被害も発生しなかった。このため、センチュウの種類を確認した結果、これらはムギネグサレセンチュウ(*Pratylenchus neglectus*)であった。

ダイコンの被害度は、表84に示すとおりである。いずれも、マリーゴールドの導入効果が顕著に示された。ま

表84 異種作物短期導入におけるダイコンのキタネグサレセンチュウによる被害の推移

ほ 場	試験区	被 告 株 率 (%)				被 告 度 指 数			
		1979年	1980年	1981年	1982年	1979年	1980年	1981年	1982年
分	S-S		29.3	30.0	34.4		12.5	10.6	17.8
	S-M	32.7	4.0	11.1	24.4	16.3	1.0	2.8	9.2
	S-W		28.6	18.9	41.1		9.0	5.8	18.6
	M-S		0.6	1.1	4.4		0.2	0.3	1.7
	M-M	0.0	0.0	0.0	8.9	0.0	0.0	0.0	2.2
	M-W		9.3	6.7	38.9		2.5	6.7	16.7
場	W-S		41.3	16.7	50.0		14.3	5.3	21.7
	W-M	22.7	6.0	4.4	10.0	7.0	1.5	1.1	3.1
	W-W		26.0	24.4	37.9		8.0	8.9	24.5
新	S-S			86.7	12.2			54.3	3.3
	S-M	24.0	70.4	63.3	4.4	9.3	45.6	21.1	1.1
	S-W			80.0	20.4			58.9	5.4
倉	M-S			61.2	8.9			28.1	2.5
	M-M	28.7	14.3	12.2	2.2	9.5	3.8	3.3	0.6
	M-W			69.7	5.6			22.8	1.7
氏	W-S			81.1	11.2			56.4	3.4
	W-M	34.3	71.5	48.9	3.8	12.3	38.3	16.1	0.9
	W-W			95.6	24.5			64.4	7.5
松	S-S			5.6	0.0			1.9	0.0
	S-M	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0
	S-W			0.0	0.0			0.0	0.0
原	M-S			0.0	0.0			0.0	0.0
	M-M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	M-W			0.0	0.0			0.0	0.0
氏	W-S			1.1	0.0			0.3	0.0
	W-M	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	W-W			0.0	0.0			0.0	0.0

注: S=ソルゴー, M=マリーゴールド, W=スイカ。

た、ソルゴーの導入によって被害が増加し、キタネグサレセンチュウ防除の観点からは、ソルゴーの導入は不適であることが明かとなった。

表85には、土壤中の自由生活性センチュウ密度の変化を示す。土壤中の自由生活性センチュウ類は、有機物を餌とするものが多く、とくに生の有機物を土壤中に施用すると、著しくその密度が増加することが知られている。本試験でも、ソルゴーやマリーゴールドすき込み後に、顕著に密度が増加した。しかし、この状態はそれほど長続きせず、有機物が分解して、餌が減少すると速や

かに元の密度に戻る傾向が認められた。自由生活性センチュウの一時的な増加は、このように、生の有機物としてのソルゴーやマリーゴールドの影響によるもので、すき込み量の多いソルゴー区の密度が、マリーゴールド区より高密度となったのはそのためと考えられる。

(4) 土壤中の微生物相: 各微生物数の推移を、表86および表87に示す。糸状菌数は、ソルゴー栽培区で明らかに多く、マリーゴールド区はスイカ区に近い値が多かった。この傾向は、*Fusarium* 菌数でとくに顕著で、ソルゴームで著しい高密度となった。その影響は、分場ほ場

表85 異種作物短期導入における土壤中の自由生活性センチュウ数の推移

ほ 場	試験区	1981年3月	1981年8月	1982年3月	1982年8月
分	S-S		728頭	207頭	163頭
	S-M		875	175	169
	S-W		448	133	138
	M-S		698	252	218
	M-M		842	180	83
	M-W		677	122	204
場	W-S		762	148	142
	W-M		508	238	127
	W-W		570	578	95
新	S-S		1,112	295	19
	S-M	757頭	702	268	50
	S-W		282	158	22
倉	M-S		1,510	435	17
	M-M	217	1,047	222	16
	M-W		302	237	33
氏	W-S		1,885	455	57
	W-M	331	827	253	43
	W-W		422	175	31
松	S-S		2,080	180	488
	S-M	767	1,057	208	423
	S-W		777	182	523
原	M-S		2,472	267	760
	M-M	332	1,023	170	473
	M-W		1,283	192	405
氏	W-S		2,372	205	581
	W-M	325	1,307	208	463
	W-W		748	178	530

注: S=ソルゴー, M=マリーゴールド, W=スイカ。

数字は、土壤50gあたりの自由生活性センチュウ数。

で見ると、均一栽培となった3~4年目まで残り、長期にわたった。

放線菌数は、1回目の夏作導入後では差が認められなかつたが、新倉氏ほ場の1981年や、松原氏ほ場の1982年のように、連作後にはS-S区やM-M区で高い傾向を示し、糸状菌に比べて反応が遅かった。

細菌数は、放線菌と良く似た推移を示し、分場ほ場で

は1980年から、松原氏ほ場では1981年からと、いずれも連作後に差が現われた。新倉氏ほ場も、有意差はなかつたが、松原氏ほ場と同様な傾向を示した。なお、D-D・メチルイソチオシアネート油剤や臭化メチル・クロルピクリンくん蒸剤などの土壤消毒は、土壤微生物相に対して、とくに影響を与えた形跡は認められなかつた。

表86 異種作物短期導入における土壤中の糸状菌数の消長

ほ 場	試験区	糸状菌数 ($\times 10^3$)				<i>Fusarium oxysporum</i> ($\times 10^2$)			
		1979年	1980年	1981年	1982年	1979年	1980年	1981年	1982年
分 場	S-S	32	104 b	74 b	172 b	40	165 b	80 b	55 b
	M-M	31	95 a b	49 a b	122 a b	85	45 a	50 a b	45 a b
	W-W	37	44 a	34 a	58 a	65	10 a	5 a	25 a
新 倉 氏	S-S	13	75	49	49	5	40 b	330 B	15 b
	M-M	14	49	30	19	10	30 a b	115 A	20 b
	W-W	15	45	23	31	10	5 a	45 A	5 a
松 原 氏	S-S	161	44	80 B	85	120	125 b	140 B	110 b
	M-M	117	16	33 A	73	85	155 b	115 B	135 b
	W-W	121	21	29 A	61	20	15 a	35 A	30 a

注: S=ソルゴー, M=マリーゴールド, W=スイカ。

アルファベットは、異記号間でダングンの多重検定による1%(大文字)または5%(小文字)有意差を示す。

表87 異種作物短期導入における土壤中の放線菌および細菌数の消長

ほ 場	試験区	放 線 菌 ($\times 10^5$)				細 菌 ($\times 10^6$)			
		1979年	1980年	1981年	1982年	1979年	1980年	1981年	1982年
分 場	S-S	61	142	414	228 b	43	35	127 b	15
	M-M	65	165	327	173 b	43	39	107 a b	15
	W-W	81	137	289	151 a	68	31	66 a	14
新 倉 氏	S-S	64	55	97 B	131	56	32	79	57
	M-M	70	55	88 B	117	64	31	36	59
	W-W	67	51	46 A	93	48	33	28	42
松 原 氏	S-S	38	76	127 b	154	—	30 C	47 b	22 b
	M-M	27	61	86 a	141	—	17 B	24 a	27 b
	W-W	33	47	54 a	95	—	6 A	20 a	6 a

注: S=ソルゴー, M=マリーゴールド, W=スイカ。

アルファベットは、異記号間でダングンの多重検定による1%(大文字)または5%(小文字)有意差を示す。

第3節 考 察

三浦半島では、長い年月にわたって、ダイコン、キャベツ、スイカの輪作を繰り返している農地が多く、連作による品質の低下、土壌伝染性病害やセンチュウの増加などが顕在化し、慢性的な有機物の不足や、土壌微生物相の単純化などが懸念されている。本章では、これらの問題点を、総合的に解決する手段として、いわゆる緑肥作物といわれるソルゴーやマリーゴールドなどを夏作物として導入してすき込む方法について、総合的に検討した。

有機物の供給量としては、ソルゴーが多く、マリーゴールドの約2倍であった。ソルゴーは、いわゆるクリーニングクロップとして、施設栽培での塩類集積対策などに利用されるが、露地野菜では、主に有機物の補給効果が期待される。これらは、土壌の理化学性に対し、種々の影響を及ぼし、生産力の向上に役立つことが知られている。本試験では、それらの詳細を明らかにすることはできなかったが、長期的には、スイカの収量を高めるなど、地力の向上効果が認められた。しかし、これらの作

物を栽培してすき込むと、とくにソルゴーでは、その後のダイコンに、生育不良や、岐根、裂根の増加など種々の障害が認められ、マイナス面が多くった。土壤微生物相の調査や、自由生活性センチュウ密度の調査は、生の有機物をすき込むと、土壤中の生物活性が一時的に高まることを示し、この現象との関連性を示した。また、これらの障害が、土壤消毒によって明らかに軽減される点から、生物的な要因によるものと考えられる。これらの障害はしかし、マリーゴールドのすき込みではわずかしか見られず、実用上問題とならなかった。その理由は明らかでないがソルゴーに比べてすき込んだ量が約1/2と少なく、生物活性がそれほど高くならないことのほか、理化学的要因も加わったと考えられる。キタネグサレセ

ンチュウに対する防除効果は、前章でも明らかにしたように、マリーゴールドの効果が顕著で、とくに2年連作した区では、極めて安定した高い効果を示した。これに対し、ソルゴーでは、キタネグサレセンチュウがよく増殖し、ダイコンの被害は増加した。このように、ダイコンを基幹とした作付け体系では、夏作物として1～2年マリーゴールドを導入してすき込む方法が、地力の維持や、品質の良いダイコンを収穫するために有効な手段と考えられる。一方、スイカ栽培では、ほ場によってサツマイモネコブセンチュウの被害が生ずることがあり、このようなほ場では、前章で示したようにラッカセイの導入も有効な手段と考えられる。

第8章 総 考 察

ダイコンを加害するキタネグサレセンチュウは、その殺センチュウ剤に対する感受性の低さと、要防除密度水準の低さのために、大変防除が困難な害虫の一つに数えられる。

薬剤に対する感受性については、近岡(9, 10, 15, 25)の研究によれば、D-D油剤に対するキタネグサレセンチュウのLD₅₀が、サツマイモネコブセンチュウの2.5~3.5倍、クルミネグサレセンチュウの30倍以上、また、DBCPでは、クルミネグサレセンチュウの4倍で、EDBに対しても、サツマイモネコブセンチュウよりも高い耐性を示すという。

一方、要防除密度については、第1章に示したように、およそ土壌50gあたり10頭と考えられる。これは、ダイコンでの被害が、根部表面の加害斑で、外観的な品質を問題にするためである。もし、生育、収量に及ぼす影響で要防除密度を設定するとすれば、第3章の被害解析で示したように、100頭/50g以上でも十分と考えられる。このように、複合病害(Complex disease)などの問題を別にして、キタネグサレセンチュウの直接的な加害についていえば、根菜類の被害は、葉茎菜や果菜の被害と本質的に異なり、防除を考えるうえでもその困難さは比較にならないほど難しいといえよう。

我が国で、これまで問題にされた農作物でのネグサレセンチュウの被害は、ダイコンの他、サツマイモ(38, 40, 60), ジャガイモ(35, 39, 79), ゴボウ(48, 52, 59, 77, 104, 107, 136), ニンジン(42, 43, 51, 56, 136, 137, 138)など、ほとんどが根菜類である。根菜類のネグサレセンチュウ類による被害は、このように、直接目に見える被害として現われるのに対し、それ以外の作物では、ネコブセンチュウ類のような明瞭な症状を示さないために、理解されていない、あるいは気がつかないものも多いと推察される。しかし、最近では、レタス(113, 114)やキク(58), フキ(76)など、いくつかの作物でネグサレセンチュウ類の被害が注目され始めており、今後重要な問題となってくるものと考えられる。これらはしかし、前述のように、根菜類に比べて、要防除密度水準は、かなり高い所にあると推察され、より厳しい条件での根菜類で防除法が確立されなければ、その防除は容易で、その意味でも本研究の重要性が認識されよう。

三浦半島は、全国的に見ても珍しい、露地野菜の集約栽培が行なわれている産地である。冬季の温暖な気象条件

を最大限に活かして、ダイコン、キャベツ、スイカの年間3作物を栽培する輪作体系は、他の産地に比べて経営的にも安定し、長期間にわたって同一の作物が栽培される大きな理由になっている。これらの作物は、いずれもキタネグサレセンチュウの好寄主とされるが、夏作物のスイカでは、ほ場全体の根量が少ないと、高温、乾燥によって土壤中のキタネグサレセンチュウの密度はむしろ減少する。これに対し、ダイコンやキャベツの栽培は、キタネグサレセンチュウのは場密度を高め、とくにキャベツでの増殖率が高い。さらに、キャベツは、移植栽培を行なうため、苗によってキタネグサレセンチュウの移動、分散をするなど、三浦半島におけるキタネグサレセンチュウの被害増加の元凶になっている。キャベツを栽培しないで、ダイコンとスイカの年間2作物にした輪作では、キタネグサレセンチュウのは場密度は増加せず、むしろ減少の傾向を示し、キタネグサレセンチュウ対策の手段として有効である。三浦半島の約4/5のは場は、この年2作型の栽培が行なわれているが、多くは経営上春キャベツの比重が大きく、これを作付けないわけに行かないのが現状である。

殺センチュウ剤の利用は、現在もキタネグサレセンチュウ防除の主役であり、防除技術の基本でもある。しかし、薬剤感受性の低いキタネグサレセンチュウの防除では、その効果を安定させ、より高い防除効果を得るために技術開発が求められる。殺センチュウ剤の防除効果を高める手段としては、水封や被覆処理などが知られている。しかし、これらは、大面积を処理し、ほ場に灌水施設を持たない三浦の農家ほ場では、利用が困難である。呉羽(62)や近岡(13)が報告した、無耕起処理は、これに替わって利用できる技術の一つである。

メチルイソチオシアネート系の薬剤は、キタネグサレセンチュウに対する効果が優れ、実用性が高い。しかし、かつて利用されたカーバム剤は、食用作物での登録を失効し、現在利用できるのはD-D・メチルイソチオシアネート油剤およびメチルイソチオシアネート油剤のみである。これらの薬剤は、D-D油剤などに比べて価格が高いこと、ガス抜きが不十分であると、岐根などの薬害を生じやすいたとが欠点とされる。現場では、薬害対策として、農協による、コショウソウを用いた生物検定や簡易ガス検知機(91)による薬剤の残留検定によってガス抜きの徹底が指導され、効果をあげている。

D-D剤は、古くから利用され、比較的高い防除効果を示す薬剤である。しかし、キタネグサレセンチュウに対して実用的な防除効果をあげるために、10aあたり50l以上の薬量を必要とする。D-D(92%)油剤は、1, 3-ジクロロプロベンの成分量(重量比)に見合った防除効果を示し、基本的にはD-D油剤と同じである。D-D油剤の防除効果が不安定で、多量の処理を必要とする理由の一つは、土壤表層部での効果不足によるものである。中～下層部では、15l/10aの処理薬量でも高い防除効果を示す。三浦半島のような、火山灰土壤の表層部は、土壤孔隙率が高く、しかも乾燥しやすいために、ガス化した薬剤が地表から速やかに散逸し、必要なガス濃度を維持できないために効果不足になると考えられる。この表層部の効果不足を補うため、ダズメット粒剤を併用処理すると、D-D油剤15l/10aとダズメット粒剤10kg/10aの組み合わせで、表層から下層まで、安定した高い防除効果が得られた。

オキサミル粒剤は、従来のくん蒸剤と異なり、接触型の薬剤である。オキサミルの作用性については、西沢の総説(82)に詳しいが、その効果は、殺センチュウ作用より、センチュウの生理的機能を異常にして、その行動を阻害する作用が大きい。西沢は、これを静センチュウ作用と呼んでいる。オキサミルはまた、植物体への顕著な経透移行性を示し、地上部への葉面散布によっても効果を示す(82)という。本研究でも、オキサミル粒剤や、他の接触型薬剤(エブフォス粒剤、フォスチアゼート粒剤など)は、これらの土壤処理によって、キタネグサレセンチュウ密度が十分に低下しなくとも、ダイコンの被害を顕著に抑え、静センチュウ作用を示した。一方、BUNT(3)は、オキサミルの作用は可逆的で、虫体の萎縮や肥大、活動性の低下は、低濃度下では次第に回復し、高濃度下でも、短時日処理後に水洗すれば回復すると報告している。また、HARVEYら(44)は、土壤中のオキサミルの分解は早く、土質によって差はあるものの、半減期は8～15日位としている。これらの点から、三浦半島で栽培されるような、栽培期間が3～4か月にも及ぶ冬ダイコンで、播種前に処理したオキサミル粒剤が、取穫期まで有効に作用しているとは考えにくい。このため、植物体に経透移行した薬剤による、キタネグサレセンチュウの侵入阻止効果を検討したところ、明らかにその効果が認められた。この効果は、少なくとも冬季の低温条件下では、3～4か月にわたって持続することが確認された。このオキサミル粒剤を用い、前述の、D-D油剤の効果不足を補うための併用処理を検討した

ところ、D-D(92%)油剤の15～20l/10aとオキサミル粒剤20kg/10aの組み合わせで、安定した効果が認められた。この場合の効果は、D-D(92%)油剤で不足する防除効果を、オキサミル粒剤の、静センチュウ作用や、侵入阻止効果によって補足することによるものと考えられる。

殺センチュウ剤による防除技術は、より少ない薬量で、高い防除効果を得ることが求められる。また、より安全な薬剤の選択が求められる。最近の殺センチュウ剤の動向を見ると、DBCPやEDBの製造が中止され、また、刺激臭の強いクロルピクリンくん蒸剤などは、その使用場面が激減している。D-D剤も、従来の55%製剤から、不純物の少ない92%製剤へと変わり、より安全なものへと転換を迫られている。このような状況の中で、オキサミル粒剤に代表される接触型薬剤の開発が進められているものの、その使用量と毒性の関係などによって、開発が中止されてしまうものも多い。今後は、本研究で示したような、既存の薬剤を安全かつ効果的に使用するために、それらの特性を組み合わせた併用処理などの技術が求められよう。さらに、より安全な薬剤の開発が待たれるところである。

有機物の施用による、センチュウの防除効果については、多くの研究がある(22, 23, 64, 68, 92)が、その知られている効果は、薬剤には及ばない。本研究でも、認められる有機物の効果は、防除効果といえるものではなく、むしろ、植物寄生性センチュウの増殖抑制効果としてである。増殖抑制効果は、発酵資材のVS34や、米糠、牛糞堆肥、稻藁堆肥、鶴糞など、いくつかの資材で認められた。その作用性については、これまでにも諸説(64, 68)があり、单一の要因によるものではないと考えられる。本研究の結果では、これらの有機質資材の施用によって、自由生活性センチュウに代表される、土壤中の生物活性が著しく高まることから、生物的要因が大きいものと推察される。土壤中の天敵微生物については、多くが知られ(100)、有機物の施用によって、その働きが活発になる可能性は高い。しかし、その働きは、相互に関連し、あるいは拮抗して、複雑な様相を呈し、解析するのは困難と考えられる。本研究でも、代表的な天敵微生物として、センチュウ捕食菌の密度と、有機物の施用の関係を検討したが、明瞭な結果は得られなかった。

いずれにしても、有機物の施用は、それだけでキタネグサレセンチュウを防除するのは困難で、他の防除法と組み合わせ、その補助的手段として位置づける必要がある。殺センチュウ剤で一旦土壤中密度を低下させ、そ

の後に有機物を処理する方法は、その後のキタネグサレセンチュウの密度復元を顕著に抑制した。このように、有機質資材の施用は、本来の地力の維持、向上のための役割を重視し、長期にわたって連続的に施用しながら、副次的にキタネグサレセンチュウの密度抑制効果も期待すべきものと考えられる。

対抗植物としてのマリーゴールドは、他の防除法に比べて、多くの利点を備えている。薬剤を用いず、何よりも安全な防除技術であること、キタネグサレセンチュウに対しては、殺センチュウ剤と同等か、むしろ優れた防除効果を発揮すること、さらにその防除効果が長期間にわたって維持されることなどである。しかし、マリーゴールドの利用は、一定期間は場に栽培することが条件で、営利栽培の農家は場では、その導入は困難である。本研究では、その実用化に取り組み、スイカとの混植栽培の方法を確立して農家に普及することができた。マリーゴールドのセンチュウに対する作用機構は、UHLEN-BROEKら(129, 130, 131)によって、マリーゴールドに含まれる殺センチュウ物質が同定され、長くその作用によるものとされてきた。しかし、GOMMERS(29)の指摘によって、この α -terthienyl が、紫外線のない条件下では活性化しないことから、必ずしもその作用によらないのではないかと考えられるようになった。本研究でも、マリーゴールドによるキタネグサレセンチュウの防除効果は、根のトラッピング作用が大きいことを示した。しかし、稻垣ら(47)は、マリーゴールド根囲でのキタネグサレセンチュウ密度の低下を認め、本研究でもマリーゴールド栽培後の土壤に、キタネグサレセンチュウの増殖を抑制する作用が認められることなどから、何らかの物質の作用が示唆され、今後の研究の進展が望まれる。

三浦半島の輪作体系は、現在の形が確立されてから、既に25年以上を経過し、連作による障害が懸念される。しかし、これまで、キタネグサレセンチュウの増加を除いて、それほど大きな問題は起きていない。その理由の

一つとして、有機物の連用の効果が大きいと言われている。三浦の農家は、古くから堆肥の施用を重視し、最大限の努力を続けてきた。最近は、水田の減少により、藁などの有機物の入手が困難になっているが、畜産農家と提携して、牛糞や豚糞を導入し、毎年1~2 t/10 aの施用を行なっている。しかし、半島全体では、有機物の絶対量が不足し、今後ますます入手が困難になるものと予測される。このような状況の中で、綠肥作物の導入が検討され、ソルゴーなどが注目されるようになった。一方、三浦半島の夏作物は、かつての露地放任栽培のスイカから、トンネル栽培のスイカやメロン、カボチャへと移り、作期を前進させて、集約的な栽培が増加してきている。これは、最近の消費動向に合わせ、より品質の良い作物を栽培して、収益を高めようとするものである。その結果、経営面積の大きい農家では、夏作の作付け面積を減らすことが可能になってきている。夏作に、従来のウリ科とは異なった種類の作物を導入し、冬作ダイコンの品質向上を計る目的で、ソルゴーやマリーゴールドの栽培、すき込みを検討した結果は、キタネグサレセンチュウの密度を増加させるソルゴーより、マリーゴールドがより有利と考えられた。有機物の量では、マリーゴールドはソルゴーの約1/3しかないが、後作にダイコンの作付けを前提とした場合、すき込む有機物の量が多いと、かえってダイコンの品質を低下させることからも、マリーゴールドの栽培すき込みが望ましい。

マリーゴールドを利用したキタネグサレセンチュウの防除技術は、当初スイカとの混植栽培として導入されたが、夏作の栽培法の変化に伴って減少していた。しかし、最近では、このように夏作の集約化に伴って、マリーゴールドの全面栽培による利用が復活し始めている。殺センチュウ剤の適切な利用技術と共に、今後マリーゴールドも重要なキタネグサレセンチュウの防除技術として位置づけられて行くものと考えられる。

摘要

1. 玉浦半島で栽培されるダイコンで、キタネグサレセンチュウの被害が最初に認められたのは、1951~1952年ごろである。現在は、約700haの産地全体に被害が拡がっている。このセンチュウは、殺センチュウ剤に対する感受性が低く、要防除水準が著しく低いため、防除の困難な害虫の一つである。本論文は、被害や発生の実態を明らかにしたうえで、防除技術の確立を狙いとして研究を行なったものである。

2. ダイコンの被害は、根部表面に生ずる、小さな乳白色斑で、進行すると中心部から裂壊黒変してあばた状となり、商品価値を著しく損ねる。

3. 土壤中のキタネグサレセンチュウ密度とダイコンの被害度指数の間には、高い相関が認められた。その関係は、10頭/50gで約25, 20頭/50gで約50の被害度指数であった。この結果、実用上の要防除密度は、10頭/50gと推定された。

4. キタネグサレセンチュウの土壤中での発生消長は、作付け体系によって異なった。代表的な、年3作の体系では、冬作のダイコンと春キャベツで増加し、夏作のスイカで低下するが、1年後の密度は、前年を上回った。これに対し、ダイコンとスイカの年2作では、ダイコンでの増殖より、夏作での減少が上回って、1年後の密度は低下した。

5. キタネグサレセンチュウの生存率は、低温(2°C), 多湿(土壤水分60%)で高く、高温(25°C), 乾燥(同20%)で低かった。

6. 主要輪作作物のダイコン、キャベツ、スイカについて、キタネグサレセンチュウによる被害の解析を行なった。ダイコン、キャベツでは、高密度(16~125頭/50g)区でも生育に対する負の影響は認められず、むしろ生育を助長する例もあった。スイカでも、標準施肥量の栽培では、影響がなかったが、施肥量を減らすと、中~高密度区で生育、収量が減少した。

7. D-D・メチルイソチオシアネート油剤、カーバムくん蒸剤、MN-3油剤、ダゾメット粒剤などの、メチルイソチオシアネート系薬剤は、キタネグサレセンチュウに対して高い防除効果を示した。しかし、処理後ダイコン播種までの期間が短いと薬害を生じ、岐根が多発した。

8. メチルイソチオシアネートの20%油剤および30%油剤は、D-D・メチルイソチオシアネート油剤に比

べ、メチルイソチオシアネートの成分量と同じにして比較すると防除効果は劣った。しかし、メチルイソチオシアネート(20%)油剤の30~40l/10aまたはメチルイソチオシアネート(30%)油剤の20~30l/10aは、D-D・メチルイソチオシアネート油剤の20l/10aとほぼ同等の防除効果を示し、実用性が認められた。

9. D-D(92%)油剤は、有効成分量(重量比)で合わせると従来のD-D(55%)油剤と比べ、ほぼ同等か、やや優れる防除効果を示した。

10. 接触型殺センチュウ剤のオキサミル粒剤は、殺センチュウ効果はD-D油剤などのくん蒸剤に劣るが、静センチュウ作用に優れ、30~40kg/10aでダイコンの被害を顕著に軽減し、実用的な効果が得られた。その処理は、30cmの深さまで土壤と混和するより、15cmの方が、効果が高かった。

11. オキサミル粒剤を、キタネグサレセンチュウの生息しないほ場のダイコンに処理し、そのダイコンをキタネグサレセンチュウの生息ほ場に移植すると、明らかにキタネグサレセンチュウの加害が阻止され、その効果は、冬期で3~4ヶ月持続した。

12. 現在開発中の、新しい粒型薬剤数種について、キタネグサレセンチュウの防除効果を検討したところ、エブフォス粒剤、フォスチアゼート粒剤などが、オキサミル粒剤と同等またはそれより優れた効果を示した。

13. 殺センチュウ剤の防除効果をより安定させるため、D-D油剤とダゾメット粒剤の組み合わせ法を検討した。D-D油剤は、土壤の表層部(0~10cm)で、またダゾメット粒剤は下層部(20~30cm)で防除効果が劣るが、これを併用処理すると、相互の欠点を補う形となり、D-D油剤15l/10aとダゾメット粒剤10kg/10aの薬量で、D-D油剤50l/10aと同等か、それ以上の安定した効果が得られた。また、D-D(92%)油剤とオキサミル粒剤の組み合わせ処理では、D-D(92%)油剤の殺センチュウ効果と、オキサミル粒剤の静センチュウ効果の協力的効用で、安定した効果が得られた。

14. D-D油剤、D-D(92%)油剤、D-D・メチルイソチオシアネート油剤などの殺センチュウ剤の処理は、顕著にダイコンの横縞症を増加させた。この横縞症は、薬剤処理後、2週間以内にダイコンを播種すると、ガス抜き回数を増やしても軽減されないが、3週間後に播種すれば、無処理と差がなくなり、薬害の1種と考え

られた。一方、メチルイソチオシアネートやペノミル水和剤の処理は、無処理区よりさらに横縞症を軽減した。この結果から、横縞症は、D-D油剤の薬害によって生ずるものと、病原菌が関与するものがあることが明かとなつた。

15. キタネグサレセンチュウの密度抑制効果のある有機質資材の検索を行なつた。その結果、牛糞堆肥、コンポスト+VS34、稻藁堆肥、バーク堆肥などでその効果が認められた。また、発酵資材のVS34やヨーランにも同様の効果が認められた。また、米糠の土壌施用は、自由活性性センチュウの増殖を著しく促進し、キタネグサレセンチュウ密度の減少をもたらした。

16. 殺センチュウ剤のEDB油剤やクロルピクリンくん蒸剤を処理した後に、樹皮堆肥5t/10aを連用すると、顕著にその後のキタネグサレセンチュウ密度の復元を抑制した。

17. キタネグサレセンチュウの生息密度の異なるは場で、それぞれに鶏糞堆肥、牛糞堆肥及びバーク堆肥を施用した結果、鶏糞堆肥は牛糞堆肥やバーク堆肥に比べて劣り、密度抑制効果は認められなかつた。一方、キタネグサレセンチュウの生息は場に乾燥鶏糞500kg～1t/10aを、年2回ずつ連用すると、4作栽培した2年後には、無施用区に比べて低密度となつた。

18. キタネグサレセンチュウに対する対抗植物の検索を行なつた。マリーゴールドは、アフリカン、フレンチ種ともに顕著な密度低減効果を示した。タスキマメは、数種について検討したが、根内の密度が高く、良くキタネグサレセンチュウが増殖するものと考えられた。ラッカセイ、エビスグサ、ギニアグラス（なつかせ）などは、キタネグサレセンチュウ密度を低減させ、対抗植物としての効果が認められた。

19. サツマイモネコブセンチュウに対して、タスキマメ（こぶとりそう）、ギニアグラス（なつかせ）などは顕著な密度低減効果を示し、対抗植物と認められた。

20. マリーゴールドのアフリカン種、フレンチ種およびF₁種の24品種または10品種についてキタネグサレセンチュウの防除効果を検討した結果、アフリカンの4品種を除いて、いずれも高い防除効果を示した。効果が劣ったのは、エローシューブリーム、キューピットエロー、キューピットオレンジおよびオレンジフルフライで、いずれも根内のキタネグサレセンチュウの増殖が認められた。

21. マリーゴールド（アフリカントール）を栽培すると、土壌中のキタネグサレセンチュウはマリーゴールド

の根に侵入して60日後には低密度となつた。またマリーゴールドの根内のキタネグサレセンチュウは、それほど高い密度になることなく、60日を過ぎると次第に減少し、100日後にはほとんど検出されなくなつた。

22. マリーゴールドを栽培した後に、ダイコン、インゲン、トマトなどを栽培しても、減少したキタネグサレセンチュウ密度は復元せず、その効果は700日以上持続した。

23. マリーゴールドの全面栽培と、スイカとの混植栽培について、キタネグサレセンチュウの防除効果を比較したところ、全面栽培の効果が高いが、混植でも実用的効果が認められた。

24. マリーゴールドとスイカの混植栽培について、その方法を検討し、高性種（アフリカン種など）を50×50～60×60cmの間隔でスイカの間に定植し、適宜せん定する方法でスイカの収量を確保し、実用的なキタネグサレセンチュウの防除効果を得ることが可能であった。また、施肥量を、スイカ栽培の慣行量に対し、追肥で補う必要を認めた。

25. マリーゴールドとスイカの混植栽培で、樹皮堆肥400kg/10aを施用することで、キタネグサレセンチュウの防除効果を高めることができた。

26. マリーゴールドとスイカの混植栽培は、D-D油剤やMN-3などの薬剤防除と比較して遜色なく、防除効果の持続期間はむしろ長かった。

27. マリーゴールドを栽培した後地上壤は、寄主植物を栽培しても、その増殖率が低く、また、寄主植物のない条件での生存率も低かった。

28. マリーゴールドの殺センチュウ成分とされる α -terthienylについて、フザリウム菌の行動に対する影響を検討したところ、紫外線の存在する条件では、胞子の発芽や菌糸の伸長を顕著に抑制したが、暗黒では、全く活性を示さなかつた。

29. 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混生するは場で、マリーゴールド、ラッカセイ、ソルゴーまたはスイカを栽培して、センチュウ密度およびダイコンの品質に及ぼす影響を比較した。その結果、キタネグサレセンチュウに対しては、マリーゴールドの効果が高く、サツマイモネコブセンチュウに対しては、ラッカセイの密度抑制効果が高かつた。また、ダイコンの品質は、マリーゴールドの栽培後土壤が優れた。

30. 夏作物として、綠肥作物を栽培してすき込むと、後作のダイコンに裂根や岐根、亀裂褐変症などが多発することがあり、その原因を検討した。ソルゴーの栽培す

き込みは、顕著に岐根を増加させ、また生育も不良となつた。しかし、メチルイソチオシアネート油剤やクロルビクリンくん蒸剤による土壤消毒によって軽減され、生物的な要因によることが明かとなつた。また、マリーゴールドの栽培すき込みでは、障害はほとんど認められなかつた。

31. 玉浦半島の輪作体系の中に、1~2年、夏作物としてソルゴーまたはマリーゴールドを栽培してすき込む作付け体系について検討した。ソルゴー栽培すき込み後のダイコンでは、生育が劣つた。しかし、スイカの収量は、ソルゴー区、マリーゴールド区とともに、慣行区より優れた。ダイコンの岐根および裂根の発生率は、共にソルゴーの栽培すき込みによって増加することが多いが、これらは、D-D・メチルイソチオシアネート油剤の土

壤消毒によって軽減された。土壤中の微生物相は、ソルゴーまたはマリーゴールドのすき込みによって、有機物の量に対応して糸状菌が増加し、次いで放線菌や細菌も増加した。キタネグサレセンチュウに対しては、マリーゴールドの効果が顕著で、ソルゴーでは増加した。これらの結果、夏作物として1~2年マリーゴールドを栽培してすき込む方法が、ダイコンを基幹とした輪作体系に取り入れるのに適した技術であることが明かとなつた。

結論として、ダイコンを加替するキタネグサレセンチュウに対する対抗植物として数種の植物を検索し、マリーゴールド属の種と品種についてそれらの防除効果を明らかにした。さらにこれを輪作体系に組み入れることによって、実用的な防除体系が確立されたことを実証した。

引　用　文　献

- 1) 青木彦八 (1972) 三浦ダイコン, 三浦半島農業のあゆみ, 三浦半島農業改良推進協議会, : 14-23.
- 2) 安部清 (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.
- 3) BUNT, J. A. (1975) Effect and mode of action of some systemic nematicides. Meded. Landbouwhogesch. 75(10) : 1-128.
- 4) 千葉農試 (1920) 促成用胡瓜ネマトーダ防除試験. 大7業報 : 17.
- 5) 近岡一郎・高橋正男 (1962) 土壌線虫バイロット防除の実態調査. 植物防疫, 16 : 457-462.
- 6) 近岡一郎 (1964 a) 神奈川県における植物寄生土壌線虫の種類とその分布及び被害について. 神奈川農試病虫成績, 121 : 14-16.
- 7) 近岡一郎・片木尚寿 (1964 b) 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.
- 8) 近岡一郎 (1966 a) ダイコンを加害するキタネグサレセンチュウの被害と防除. 植物防疫, 20 : 303-306.
- 9) 近岡一郎 (1966 b) ネグサレセンチュウ種類間の殺線虫剤感受性の相違. 関東病虫研報, 13 : 142-143.
- 10) 近岡一郎 (1966 c) ネグサレセンチュウの薬剤感受性 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. 応動誌, 10 : 163-164.
- 11) 近岡一郎・岡田勇 (1966 d) 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.
- 12) 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.
- 13) 近岡一郎・浅見 宏・竹沢秀夫 (1968) ダイコンのキタネグサレセンチュウについて. 第4報. 穀線虫剤の無耕起処理効果. 関東病虫研報, 15 : 124.
- 14) 近岡一郎・水沢芳名 (1968) ダイコンのキタネグサレセンチュウについて. 第5報. センチュウ密度と被害. 関東病虫研報, 15 : 125.
- 15) 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.
- 16) CHIKAOKA, I (1970) Studies on the root lesion nematode, *Pratylenchus penetrans*, on Japanese Daikon, *Raphanus sativus* L. var. *acantiformis* Makino. Rev. Plant Protec. Res. 3 : 135-136.
- 17) 近岡一郎・大林延夫・椎名清治 (1971) ダイコンを加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 : 50pp.
- 18) 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.
- 19) 近岡一郎 (1976) ダイコンを加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.
- 20) 近岡一郎 (1977) キタネグサレセンチュウの土壤中における生存. 日線研誌, 7 : 45-48.
- 21) 近岡一郎 (1979) キタネグサレセンチュウの寄主植物. 日線研誌, 9 : 49-53.
- 22) 近岡一郎 (1980) 鶴糞のネグサレセンチュウ抑圧効果について. 24回応動誌大会講要 : 109.
- 23) 近岡一郎・藤原俊六郎・竹沢秀夫 (1981) 家畜糞のセンチュウ抑圧効果. 関東病虫研報, 28 : 140-141.
- 24) 近岡一郎・大林延夫・椎名清治 (1982) 緑肥作物等の夏作への導入とキタネグサレセンチュウおよびサツマイモネコブセンチュウの発生動向. 日線研誌, 11 : 19-23.
- 25) 近岡一郎 (1983) 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. 神奈川農総研報, 125 : 1-72.
- 26) DAULTON, R. A. C. et R. F. CURTIS (1963) The effects of *Tagetes* spp. on *Meloidogyne javanica* in Southern Rhodesia. Nematologica. 9 : 357-362.
- 27) 藤田祐輔・水谷 章・大羽克明・熊山房治 (1985) 粒剤型土壤薰蒸剤の土壤内分布について. 関西病虫研報, 27 : 67-68.
- 28) GOMMERS, F. J. (1971) A nematicidal principle from the roots of a *Helenium* hybrid. Phytochemistry. 10 : 1945-1946.
- 29) GOMMERS, F. J. (1972) Increase of the nematicidal activity of α -terthienyl and related compounds by light. Nematologica 18 : 458-462.
- 30) GOMMERS, F. J. (1973) Nematicidal principles in compositae. Meded. Landbouwhogesch. 73(17) :

- 1-71.
- 31) GORING, G. A. I. (1958) 土壌薰蒸の理論, 石橋信義(1960)訳・農林省: 1-87.
 - 32) 後藤 昭(1961)殺センチュウ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, 応動比5回大会シンポジウム: 46-48.
 - 33) 後藤 昭・大島康臣(1963)日本産ネグサレセンチュウの種類と分布に関する知見, 応動比, 7: 187-199.
 - 34) 後藤 昭・大島康臣(1964)キタ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.
 - 35) 後藤 昭・大島康臣(1965)ジャガイモを加害するミナミネグサレセンチュウの生態と防除に関する研究, 農林水産技術会議指定試験(病害虫)5: 1-77.
 - 36) 後藤 昭(1974)本邦におけるキタ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.
 - 37) 後藤 昭・大林延夫・平石雅之・稲垣春郎・百田洋二(1982)神奈川県三浦市におけるダイコンの線虫害等品質障害の発生実態, 関東病虫研報, 29: 178-179.
 - 38) 後藤重喜(1955)甘諸根腐線虫病の発病度と諸要因の関係 第3報, 肥料要素及び堆肥, 九州農業研究, 16: 119.
 - 39) 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.
 - 40) 後藤重喜(1964)甘諸ね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.
 - 41) GRAY, R. A. et H. G. STREIM (1962) Identification of a nonvolatile phytotoxic impurity in Vapam and preventing its formation, Phytopath., 52: 73.
 - 42) 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, 日線研誌, 7: 78-79.
 - 43) 萩谷俊一・條原茂幸・白崎隆夫(1982)ニンジン栽培地におけるキタネグサレセンチュウの発生消長とマリーゴールドの導入効果, 千葉農試研報, 23: 21-29.
 - 44) HARVEY, J. J. et J. C. Y. HAN (1978) Decomposition of oxamyl in soil and water, J. Agric. Food Chem., 26: 536-541.
 - 45) 林 重明・遠藤忠光・熊倉正明(1977)高冷地ダイコンに発生している根部亀裂褐変症について, 日植病報, 43(3): 1-10.
 - 46) 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, 応動比, 18回大会講要, 366.
 - 47) 稲垣春郎・百田洋二(1981)マリーゴールド干ばールデン・ボーリー上根倒土壌におけるキタネグサレセンチュウ密度の消長, 関東病虫研報, 28: 137-138.
 - 48) 稲生 稔・谷 芳明(1969)ゴボウの「ヤケ病状」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) 井上 蔽・菅野信男(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, 応動比14回大会講要, 48-49.
 - 50) 石橋律雄(1959)埼玉県における土壌線虫防除について, 関東病虫研報, 6: 58.
 - 51) 石川元一・高野光之丞(1973)ニンジンのネグサレセンチュウ防除, 関東病虫研報, 20: 154-156.
 - 52) 伊藤喜隆・西沢 務(1973)ゴボウにおけるネグサレセンチュウ防除効果, 関東病虫研報, 20: 154-156.
 - 53) JAMES, N. (1954) Soil extract in soil microbiology, Can. J. Microbiol., 4: 363-370.
 - 54) 金子晃三・大林延夫・石塚 武・近岡一郎(1973)ダ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.
 - 55) 柏木弥太郎・山本 勉(1977)冬ダイコンに発生する横縞症について(予報), 日植病報, 43-343.
 - 56) 小林義明・深沢永光・佐藤 清(1972)キタネグサレセンチュウ(*Pratylenchus fallax*)によるニンジンの黒斑症状とその防除, 静岡農試研報, 17: 21-29.
 - 57) 小林義明(1974)各種マリーゴールドの栽培によるネグサレセンチュウおよびネコブセンチュウの密度変化, 関東病虫研報, 21: 147-148.
 - 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) 高野光之丞・石川元一(1960)ゴボウの線虫防除について, 関東病虫研報, 7: 73.
 - 60) 高坂卓爾(1950)甘諸ねぐされ線虫病, 防疫時報, 17: 43-56.
 - 61) 駒田 旦(1976)野菜のフザリウム病菌, *Fusarium oxysporum* の土壤中における活性評価技術に関する研究, 東海近畿農試研報, 29: 132-269.
 - 62) 黒羽好三(1961)殺センチュウ剤とその施用上の問題点, 5 (2). 殺センチュウ剤施用時の畑状態と防除効果, 応動比5回大会シンポジウム: 51-52.
 - 63) LEISTRA, M. et J. H. SMELT (1974) Concentration time relationships for Methyl isothiocyanate in soil after injection of metam-sodium, Pestic. Sci.

- 5 : 409-417.
- 64) LINFORD M. B., F. YAP et J. M. OLIVEIRA (1938) Reduction of soil populations of root-knot nematode during decomposition of organic matter. *Soil Sci.* 45 : 127-141.
- 65) LORENZO, F. et al. (1977) Mutagenicity of pesticides containing 1, 3-dichloropropene. *Cancer Research* 37 : 1915-1917.
- 66) 牧 良忠・山口福男 (1961) ネク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.
- 67) MAMIYA, Y. (1971) Effect of temperature on the life cycle of *Pratylenchus penetrans* on *Cryptomeria* seedling and observations on its reproduction. *Nematologica*. 17 : 82-92.
- 68) MANKAU, R. et R. J. MINTEER (1962) Reduction of soil population of the citrus nematode by the addition of organic materials. *Plant disease Reporter*. 46 : 375-378.
- 69) MARTIN, J. P. (1950) Use of acid, rose bengal, and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. *Soil Sci.* 69 : 215-232.
- 70) 指川 望・大島康臣・中瀬和年 (1986) 線虫学関連日本文献記事目録、明治12年(1879)-昭和59年(1984). 九州農試研究資料. 67 : 1-414.
- 71) 三井 康 (1972) 線虫捕食菌に及ぼす殺線虫剤の殺菌効果. *日線研誌*. 1 : 25-29.
- 72) MITSUI, Y., R. YOKOZAWA et M. ICHINOHE (1975) Effect of temperature and pH on the propagation of *Pratylenchus* culturing with alfalfa callus tissues. *Jap. J. Nematol.* 5 : 48-55.
- 73) 三井 康 (1983) 我が国における線虫捕食菌の種類と防除および生理・生態に関する研究. *農技研報*. C 37 : 127-211.
- 74) 永沢 実・堀江典昭 (1963) ネク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.
- 75) 永沢 実・堀江典昭 (1965) ネクサレセンチュウの寄生性と被害. *東京農試特報*. 21 : 76-81.
- 76) 中込輝雄・尾崎典光 (1970) 愛知県知多地方のフキ畑におけるキタネグサレセンチュウ *Pratylenchus penetrans* (COBB, 1977) CHITWOOD & OTIFERA, 1952 の季節的消長と根への寄生状況. *愛知農総試研報*. (B)2 : 50-54.
- 77) 中里筆三・八木克祐・青柳直二郎 (1981) キタネグサレセンチュウによるゴボウの被害と麦作導入によるセンチュウ密度の変動. *関東病虫研報*. 28 : 136.
- 78) NIRULA, K. K. et K. K. BASSI (1965) Effect of French marigold as a trap crop on control of root-knot nematodes in potato fields. *Ind. Potato J.* 7 : 64-68.
- 79) 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.
- 80) 西沢 務 (1979) 線虫類. 農林水産研究文献解題. 7 : 354-423.
- 81) 西沢 務 (1980) 対抗植物・天敵利用による土壤線虫防除. *農及園*. 55 : 125-130.
- 82) 西沢 務 (1985) 最近のセンチュウ防除とバイオペート粒剤. *新農薬*. 39 : 4-17.
- 83) 野津六兵衛 (1940) 柔線虫防除に関する研究. *島根農試特報*. 1-95.
- 84) 岡田利承・森 哲郎 (1963) 土壤薰蒸剤の拡散に関する研究 第1報、土壤中におけるD-Dの拡散とダイイシストセンチュウに対する防除範囲. *北農試い報*. 82 : 1-7.
- 85) OLTHOF, T. H. A. et J. W. POTTER (1973) The relationship between population densities of *Pratylenchus penetrans* and crop losses in summer maturing vegetables in Ontario. *Phytopath.* 63 : 577-582.
- 86) OMIDVAR, A. M. (1961) On the effects of root diffusates from *Tagetes* spp. on *Heterodera rostochiensis* Wool. *Nematologica*. 6 : 123-129.
- 87) 大羽克明・藤田祐輔・妹背 醇・難波健吉(1977) デイ・トラベックスの土壤内動向 I, 園場における処理後の残留物の経時的变化. *日線研誌*. 7 : 21-27.
- 88) 大羽克明・藤田祐輔 (1978) デイ・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. *日線研誌*. 8 : 53-54.
- 89) 大羽克明・藤田祐輔 (1978) 土壤薰蒸剤デイ・トラベックスの土壤硝化作用に及ぼす影響. *日本土壤肥料学雑誌*. 49 : 426-428.
- 90) 大羽克明・藤田祐輔・清水浩爾・廣瀬茂樹(1985) メチルイソチオシアネートの土壤内拡散について. *関西病虫研報*. 27 : 65-66.
- 91) OHBA, K. et al. (1986) A simple and reliable device for monitoring fumigant residues in soil. *Journ. Nematology*. 18(3) : 421-422.
- 92) 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. 15回応動比率

会講要: 3.

- 93) 大林延夫・近岡一郎 (1973) 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、17回応動昆大会講要: 138.
- 94) 大林延夫・近岡一郎 (1973) 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関する研究、神奈川園試研報、21: 91-102.
- 95) 大林延夫・近岡一郎・椎名清治 (1979) 緑肥作物等の夏作への導入と土壤線虫の発生動向、23回応動昆大会講要: 139.
- 96) 大林延夫・平石雅之 (1979) 薬剤の土壤処理がダイコンの横縞症発生に及ぼす影響、神奈川園試研報、26: 52-59.
- 97) 大林延夫 (1983) D-DD油剤とタブネット粒剤の組み合わせによるダイコンのキタネグサレセンチュウ防除法、神奈川園試研報、30: 81-84.
- 98) 大林延夫・小林紀彦・駒田一且 (1983) マリーゴールドの殺線虫成分 α -terthienylがフザリウム菌の行動に及ぼす影響、神奈川園試研報、30: 85-88.
- 99) 大林延夫 (1987) D-DD剤とオキサミル剤の併用処理によるダイコンのキタネグサレセンチュウ防除法、日線研誌、17: 26-31.
- 100) 大島康臣 (1987) 有害線虫の天敵微生物、研究ジャーナル、10(2): 16-21.
- 101) OOSTENBRINK, M., K. KUIPER et J. J. S'JACOB (1957) *Tagetes* als Feindpflanzen von *Pratylenchus*-Arten. Nematologica 2 suppl.: 424-433.
- 102) OOSTENBRINK, M. (1960) *Tagetes patula* L. als voorvrucht van enkele land-en tuinbouwgewassen op zand-en dalgrond. Meded. Landbouwhogeschr. 25: 1065-1075.
- 103) 尾崎幸三郎 (1955) 土壌中の殺虫剤による葉害とその残留11. 植物防疫、9: 134-136.
- 104) 桜井清・湯原巖・山田英一 (1962) イ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.
- 105) 佐野善一・皆川望・大島康臣 (1980) 1,3-dichloropropene 含有率を異にする2種製剤のサツマイモネコブセンチュウとミナミネグサレセンチュウに対する効果、九病虫研会報、26: 156-158.
- 106) 佐野善一・中嶋和年・荒城雅昭 (1980) キニアガラス及びラッカセイを組み入れた輪作におけるサツマイモネコブ線虫の消長、28回応動昆大会講要: 160.
- 107) 佐藤昭美 (1966) イボウのキタネグサレセンチュウ

の防除上の問題点、北日本病虫研報、17: 99.

- 108) 佐藤昭美 (1967) キタネグサレセンチュウによるイボウの害徴と糸状菌の関係について、北日本病虫研報、18: 126.
- 109) 佐藤康男 (1955) 三浦ダイコンの特性と栽培法 I・農及園、30: 1185-1188.
- 110) 千本木市夫・那須恵一郎・高橋哲夫 (1982) 飼料トウモロコシ-ダイコン体系におけるキタネグサレセンチュウの耕種的防除 1、抑制作物の導入効果、関東病虫研報、29: 172-173.
- 111) 千本木市夫・那須恵一郎・高橋哲夫 (1982) 飼料トウモロコシ-ダイコン体系におけるキタネグサレセンチュウの耕種的防除 2、マリーゴールドの導入効果、関東病虫研報、29: 174-175.
- 112) 千本木市夫・千吉良律治・高橋哲夫 (1984) 飼料トウモロコシ-ダイコン体系におけるキタネグサレセンチュウの耕種的防除 3、有機物および土壤改良剤の施用効果、関東病虫研報、31: 183-185.
- 113) 柴本精 (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、今月の農業、24(8): 24-26.
- 114) 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ミナミネグサレセンチュウ防除効果、関東病虫研報、27: 172-173.
- 115) SLOOTWEG, A. F. G. (1956) Rootrot of bulbs caused by *Pratylenchus* and *Hoplolaimus* spp. Nematologica 1: 192-201.
- 116) SMELT, J. H. et M. LEISTRA (1974 a) Conversion of Metham-sodium to methyl isothiocyanate and basic data on the behavior of methyl isothiocyanate in soil. Pestic. Sci. 5: 401-407.
- 117) SMELT, J. H. et M. LEISTRA (1974 b) Soil fumigation with dichloropropene and metham-sodium: Effect of soil cultivations on dose pattern. Pestic. Sci. 5: 419-428.
- 118) STEINER, G. (1941) Nematodes parasitic on and associated with roots of marigolds (*Tagetes* hybrids). Prof. biol. Soc. Wash. 54: 31-34.
- 119) SUATMADJI, R. W. (1969) Studies on the effect of *Tagetes* species on plant parasitic nematodes. H. Veenman & Zonen N. V. Wageningen: 1-132.
- 120) 高橋兼一 (1984) クルミネグサレセンチュウに対するフルガム類の密度抑制効果、関東病虫研報、31: 91.
- 121) TARJAN, A. C. (1960) Some effects of African marigold on the citrus burrowing nematode, *Radopholus*

phorus similis. Phytopath. 50 : 577.

- 122) 多川 関・都丸敬一 (1969) クロルビクリン消毒による土壤微生物相の変化. 奈野たばこ試験場報告. 65 : 63-75.
- 123) 徳川忠雄 (1959) だいこん「ガリ」の病害と類似病害虫. 三浦だいこんの特殊病害に関する調査報告書. 通称だいこんの「ガリ」について. 三浦市農業対策協議会. 横須賀市. : 17-19.
- 124) 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. 植防. 18 : 345-349.
- 125) 坪井正道 (1982) 電子励起状態の幾何学. 化学の領域. 37 : 466-472.
- 126) TURNER, N. J. et M. E. CORDEN (1963) Decomposition of Sodium N-methyl-dithiocarbamate in soil. Phytopath. 53 : 1388-1394.
- 127) TYLER, J. (1938) Proceedings of the root-knot nematode conference held at Atlanta, Georgia, February 4, 1938. Pl. dis. Repr. suppl. 109 : 133-151.
- 128) 上村道雄 (1979) 野菜作における対抗植物導入による土壤線虫対策. 農及園. 54 : 1503-1508.
- 129) UHLENBROEK, J. H. et J. D. BIJLOO (1958) Investigations on nematicides I, Isolation and structure of a nematicidal principle occurring in *Tagetes* root. Recueil trav. chim., 77 : 1004-1009.
- 130) UHLENBROEK, J. H. et J. D. BIJLOO (1959) Investigations on nematicides II, Structure of second nematicidal principle isolated from *Tagetes* roots. Recueil trav. chim., 78 : 382-390.
- 131) UHLENBROEK, J. H. et J. D. BIJLOO (1960) Investigations on nematicides III. Recueil trav. chim., 79 : 1181-1196.
- 132) VISSER, T. et M. K. VYTHILINGHAM (1959) The effect of marigold and some other crops on the *Pratylenchus* and *Meloidogyne* populations in tea soil. Tea Q., 30 : 30-38.
- 133) WAKSMAN, S. A. et E. B. FRED (1922) A tentative outline of the plate method for determining the number of microorganism in soil. Soil sci. 14 : 27-28.
- 134) 渡辺 嶽 (1964) 土壤殺菌剤施用による土壤微生物相の変動. 植物防疫. 18 : 406-410.
- 135) 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.
- 136) 山田英一 (1967) 数種作物におけるキタネグサレセンチュウの消長. 北日本病虫研報. 18 : 124.
- 137) 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.
- 138) 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.
- 139) 山口捨雄 (1932) あかえぞまつ及びくろまつノ苗樹ニ寄生スル線虫ニ就テ. 北海道帝大農演習林研報. 7 : 209-215.
- 140) 山本敏夫・安田典夫・山部十三生 (1984) サツキを加害するナミイシュクセンチュウの対抗植物の検索. 関西病虫研報. 26 : 51.
- 141) 山本敏夫 (1987) 園芸作物における線虫の総合防除. 農及園. 62 : 417-422.
- 142) 安田 篤 (1894) 「つるれいし」ニ寄生スル線虫ニ就テ. 動雜. 6(74) : 448-451.
- 143) 仲富喜三・西沢 務 (1959) *Tagetes* 属植物の殺線虫作用. 応動比大会講要. 昭和34 : 18.
- 144) YOKOO, T. (1956) On the occurrence of the root lesion nematode, *Pratylenchus pratensis*, as the tuber parasite of the potato in Japan. Agric. Bull. Saga Univ. 4 : 141-162.
- 145) 青山勝敏・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.
- 146) 湯原 嶽・堤 正明 (1963) マリーゴールドのネコブセンチュウ, ネグサレセンチュウの生息密度におよぼす影響. 北日本病虫研報. 14 : 113-114.
- 147) 湯原 嶽 (1971) クロタラリアおよびマリーゴールドの根, 茎葉粉末の土壤施用がキタネコブセンチュウの密度に及ぼす影響. 北日本病虫研報. 22 : 62.

Summary

Studies on the Methods for Controlling the Root-lesion Nematode, *Pratylenchus penetrans* COBB Infecting on Japanese Radish.

by Nobuo OHBAYASHI

In the Miura peninsula locating on south east coast of Kanagawa Prefecture, three main crops are grown for market. These are Japanese radish, cabbage, and watermelon. In most cases three main vegetable crops are currently grown in the same field each year. These crops are grown on a continuous basis, without land fallow. By this highly concentrated cropping, the problem of nematode is becoming increasingly apparent. Especially in Japanese radish being one of the main crops, the damage caused by *Pratylenchus penetrans* is a serious problem. The conventional method of control is to inject chemical nematicides into the soil. But this method is not always effective because of low susceptibility of nematode against the chemicals, high temperature of injecting season, light volcanic soil of the fields, etc.

In order to overcome the difficulty in controlling the nematode, symptoms, actual conditions of damage, seasonal prevalence of occurrence under continuous cropping, survival conditions, and damage analysis were investigated. And control method by the use of chemicals, organic manure and antagonistic plants separately or in combination, were examined since 1968. The results are summarized as follows.

1. The first record of infestation with *P. penetrans* on Japanese radish in the Miura Peninsula was around 1952. Then the damages were increasing year by year. Recently this root-lesion nematode has a wide distribution in almost the whole area of 700 hectares of the Japanese radish fields in this district.

2. The primary symptoms of damages to Japanese radishes infested with *P. penetrans* are characterized by minute, irregular-shaped, and whitish specks scattered on the root surface. These specks develop and turn its color to black with asteroidae cracking at the center. Such the condi-

tion and appearance of radish root considerably diminishes the commercial value.

3. There was a significant correlation between population density of *P. penetrans* in the soil and the degree of damage to infected radishes. The net regression of damage degree (Y) on population density (x) (number/50g soil) of nematode was given by the next equation: $Y = 10.7635 + 1.9242x - 0.013x^2$ ($r=0.94$). From this regression curve, control threshold may be assumed to be 10 exs./50g. soil.

4. Seasonal prevalence of occurrence of *P. penetrans* in the soil was dependent on cropping system. Triple cropping system in a year increased population density by growing Japanese radish in winter and cabbage in spring, then decreased it by growing the watermelon in summer, but the density of next year was higher than that of same season in the preceding year. The other hand, double cropping system in sequence of Japanese radish and watermelon decreased its density in the next year.

5. Survival rate of *P. penetrans* was higher under the conditions of low temperature (2°C) and higher soil moisture (60%), and lower under the condition of high temperature (25°C) and lower soil moisture (40%).

6. According to damage analysis of three main crops in different population densities of *P. penetrans* in the soil, no influence for the growth of Japanese radish, cabbage, and watermelon was recognized even in high population density (16-125 exs./50g, depending on seasons). But at the lower levels of fertilizers in watermelon growing, retarded growth and reduced yield were recognized.

7. Chemical nematicides of methyl isothiocyanate and its allied compounds such as mixture of D-D and methyl isothiocyanate, carbam, MN-3 or dazomet effectively controlled *P. penetrans*. Twenty l/10a of mixture of D-D and methyl isothiocyanate was equivalent or superior in an effective action against

nematodes to 50 l/10a of D-D, although was phytotoxic and caused severely branched roots of Japanese radish in the case of the period after chemical injection before the seeds were sown.

8. Control effect of *P. penetrans* by the injection of methyl isothiocyanate (20%) and methyl isothiocyanate (30%) was inferior to that by the injection of mixture of D-D and methyl isothiocyanate in equal amount of application, although 30-40 l/10a of methyl isothiocyanate (20%) or 20-30 l of methyl isothiocyanate (30%) was equivalent to 20 l/10a of mixture of D-D and methyl isothiocyanate.

9. The effectiveness for the control of *P. penetrans* by the injection of D-D (92%) was followed by D-D (55%) as compared with different content of 1,3-dichloropropene.

10. Systemic nematicide of granules containing 1% oxamyl was inferior to fumigant as D-D in controlling *P. penetrans*, but it showed so called calm effect and effectively reduced the damage of Japanese radish by the level of 30-40 kg/10a. The 15 cm in depth of application into the layer of soil was more effective than 30 cm.

11. Application of granules containing 1% oxamyl (40 kg/10a) mixed with the surface soil of a field devoid of nematodes (*P. penetrans*) where the Japanese radishes were grown, prevented the nematode attack on the radishes transplanted to a nematode-infested soil. This treatment lost its effect in about three to four months.

12. Some new granule-type chemicals such as ebuphos and fosthiazate showed superior or about the same effects as oxamyl.

13. To establish effective methods controlling *P. penetrans*, the combined applications of different kind of chemicals were evaluated. A double treatment with 15l/10a of D-D and 10kg/10a of dazomet granules gave practically complete control of the nematode. At first the granules of dazomet spread over the surface of the soil were mixed with the soil of 0-20 cm in depth. Then D-D was injected at 15 cm in depth into the soil at 30 cm intervals. The combined effect of these two chemicals was supposed to be due to their compensative action to each other. Namely, D-D gave a good control in the lower layer of the soil but its effect was not enough in the upper layer. On the other hand, dazomet was effective in the upper layer but not

in the low layer. The double application of these two chemicals therefore, resulted in a remarkable reduction of the nematode injury to the crop.

The treatment with both D-D (92%) (15-20l/10a) and 1% oxamyl granules (20kg/10a) also showed a good effect as compared with the treatment with 20l/10a D-D (92%) alone, or about the same effect as the treatment with 30l/10a D-D (92%).

14. Specific symptom of nematicides in injurious doses to Japanese radish was transversal black stripe on the surface of tap root. The soil application of D-D, D-D (92%) and mixture of D-D and methyl isothiocyanate distinctly increased the degree of such the symptom in case of less two weeks' duration from chemical injection to sowing, whereas the degree of symptom in the field allowed to completely ventilate the fumigant for about three weeks before the seeds were sown, was almost the same level as non-treated control. On the other hand, the soil application with 1-3 l/m² of 0.14-0.05% benomyl and 20% or 30%, 20-40 l/10a methyl-isothiocyanate evidently reduced the degree of symptom as compared with non-treated control. The combined application of D-D and benomyl into the soil appeared in lower degree of symptom than single application of D-D. Single application of benomyl also reduced the degree of symptom as compared with non-treated control.

From these results, two factors were involved in developing the symptom. The occurrence of transversal black strip on the root surface is determined by the main effect of D-D application without sufficient ventilation before sowing and lessened the main effect of benomyl application. The interaction effect of two chemicals was low.

15. Screening were made to find the organic matter which caused substantial reduction in population density of *P. penetrans* in the soil. Successive application of organic manure for three years such as cow dung, rice straw, bark or garbage compost at two times for each year at the rate of 500kg/10a did not reduce but depress the multiplication of the nematode. In a pot test, the reduction of numbers of nematodes in the soil was observed by an application of some kind of ferment materials as VS-34 or Koran. These effects were more evident when applied in combination with rice bran.

With a reduction of *P. penetrans* by an application

of organic matter, there occurred an increase in number of free living nematode. These are almost all microphagus species. Survival of plant parasitic nematode is supposed to be due to such kind of microbial activity in the soil.

16. Successive application of 5t bark manure per 10a after the injection of nematicide as EDB or chlorpicrin evidently depressed the multiplication of *P. penetrans* as compared with single application of nematicide, and the damage of Japanese radish was kept in the low level even under cultivation in the next year.

17. The reduction of population density of *P. penetrans* was recognized when successively applied dried chicken dung at two times per year at the rate of 500kg or 1t/10a for two years in comparison with non application.

18. To screening some antagonistic plants against *P. penetrans*, several plants were cultivated for three or four months in the pot filled with the soil infested by nematode. Marigold as *Tagetes erecta* and *Tagetes patula* conspicuously reduced the number of *P. penetrans* in the soil. The cultivation of four *Crotalaria* species was not effective in decreasing the nematode population in the soil, and resulted in its high density in the roots, supposing the reproduction of nematodes. The cultivation of peanut, *Caccia obtusifolia* and *Panicum maximum* ('Natsukaze') also decreased the population of *P. penetrans*.

19. *Crotalaria juncea* ('Kobutorisou') and *Panicum maximum* ('Natsukaze') conspicuously reduced the number of *Meloidogyne incognita* in the soil in pot experiment.

20. In pot experiments, seven varieties of *Tagetes erecta*, eight varieties of *Tagetes patula* and nine varieties of *Tagetes* hybrids effectively reduced the population of *P. penetrans* in the soil, but three varieties of *Tagetes erecta* such as 'Cupid yellow', 'Cupid orange', and 'Yellow supreme' were not effective for *P. penetrans*. Brownish discoloration of the roots resulted from the feeding of their adults, larvae and eggs.

21. Reduction in the population level of *P. penetrans* in the soil was apparent with the growing stage of *Tagetes erecta* ('African tall'), and reaching at lower level 60 days after sowing. This effect attributed to the result of penetration into *Tagetes* roots by the nematodes, which failed to develop

after penetration. So the density of *P. penetrans* in *Tagetes* roots did not increase to high level and gradually decreased after 60 days. After 80-100 days from sowing of *Tagetes*, population of *P. penetrans* in both the roots and soil reached at a lower level.

22. We were able to grow Japanese radish, kidney bean or tomato in the same soil in a pot for more than 700 days by succeeding their crops to marigolds without increase in population of *P. penetrans*.

23. In the field experiment, the effect of marigold on the population reduction was high in monoculture of marigold as compared with interplanting the watermelon with marigold in summer season, although interplanting was also practically successful.

24. The most effective interplanting methods of marigold with watermelon were investigated. The way to interplant the watermelon with the tall variety of marigold as *Tagetes erecta* at 50-60 square cm with additional fertilizer, when pruned branches of marigold according to circumstances achieved sufficient yield of watermelon and control effect of *P. penetrans*. Yield by interplanting with addition of fertilizers increased by 20% or above as compared with that of monoculture of watermelon.

25. In case of interplanting marigold with watermelon, the application of bark manure above 400kg/10a raised the effect for controlling the nematode.

26. The interplanting method of marigold with watermelon was effective for controlling the nematodes as compared with that of application of chemical nematicides as D-D or MN-3 and fairly longer duration in its effect.

27. In pot experiments to investigate the mode of action of marigold, the soils cultured the marigold did not multiply *P. penetrans* or *P. vulnus* even by culturing a good host plant, and also survival rate of these nematodes in these soils was lower than that in non-cultured soil.

28. The activities of α -terthienyl, known as one of the nematicidal substances in marigold, against three pathogenic formae of *Fusarium oxysporum* were investigated. α -terthienyl inhibited the conidial germination and hyphal growth of *F. oxysporum* f. spp. under ultra-violet light irradiation *in vitro*, but did not show such activity under dark conditions.

29. In the field experiments, one of the following

four plants, marigold, peanut, sorghum and water-melon, was cultivated in the summer in the first year. In the subsequent season, crops were planted in the following order in all plots: Japanese radish in winter, watermelon in summer and Japanese radish in next winter. Population density of *P. penetrans* increased gradually and that of *Meloidogyne incognita* rapidly by the cultivation of water-melon as the first crop. *P. penetrans* population became higher in soils after sorghum than water-melon, and *P. penetrans* severely damaged Japanese radish after cultivation of sorghum. *P. penetrans* and *M. incognita* populations showed a remarkable decrease during the cultivation of marigold and peanut in the first crop, but during the succeeding cropping, *P. penetrans* population increased on peanut plot and *M. incognita* population increased on marigold plot respectively. The quality of Japanese radish was excellent on the plot of marigold.

30. Cultivation of green manure crops and plowing them into the soil often caused serious injury on the succeeding crop Japanese radish, by the development of symptoms of root cracking, branched root or brownish crevice. Cultivation of sorghum and plowing them into the soil distinctly increased the development of branched roots and retarded the growth of Japanese radish as the succeeding crops, but an application of methyl isothiocyanate or chloropicrin decreased these symptoms. These problems

are suggested to ascribe to microbial factors. But the plowing in of marigold scarcely showed such symptoms.

31. For the purpose of maintaining the soil productivity and the high quality radish, a system of rotating in a fixed order, sorghum or marigold as green manure once or twice in summer and Japanese radish in winter was investigated for four years in vegetable field. Introduction of sorghum in a cropping system reduced the growth and increased a branched root or cracking root of succeeding Japanese radish. These malformation was reduced by the use of mixture of D-D and methyl isothiocyanate before radish-sowing. Introduction of sorghum or marigold increased the yield of next summer watermelon. According to the quantitative analysis of microbial flora in the soil, plowing organic matter in a soil firstly increased fungi, and then did actinomycetes and bacteria. The increasing rate of these microbe was highly proportional to the amount of organic matter which plowed in the soil. Marigold was effective for the control of *P. penetrans*, whereas sorghum increased the population of the nematode.

In conclusion, marigold is the best crops for introducing as a summer crop in the rotation system on the Miura peninsula to achieve an effective control of the nematode and also several kinds of malformation occurring in Japanese radish.

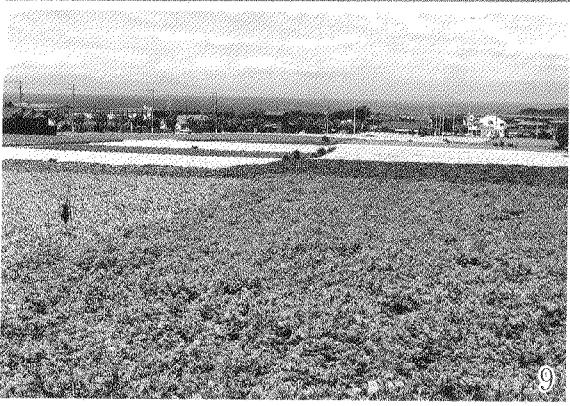
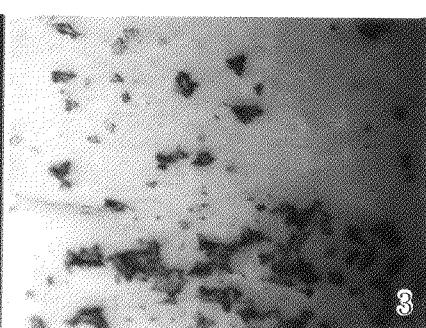
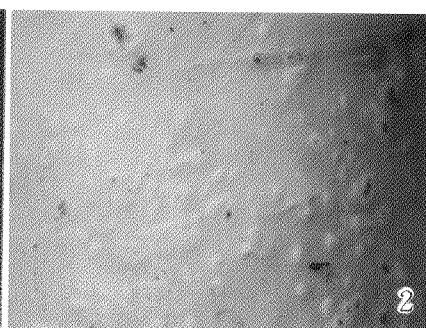


図 版 説 明

1. ダイコンのキタネグサレセンチュウによる被害。
2. ダイコンの根部表面に生じたキタネグサレセンチュウの加害斑（初期の白斑症状）。
3. ダイコンの根部表面に生じたキタネグサレセンチュウの加害斑（後期の星型裂壊症状）。
4. キタネグサレセンチュウの雌成虫。
5. ダイコンの表皮組織下に侵入しているキタネグサレセンチュウ。
6. D-D剤処理によって発生した横縞症状。
7. 殺センチュウ剤の処理風景。
8. 異種作物短期導入実証試験の風景（ソルゴー、マリーゴールドおよびスイカの栽培状況）。
9. 現地農家のマリーゴールド全面栽培によるキタネグサレセンチュウの防除風景。
10. マリーゴールドの刈り倒し作業（この後、ロータリー耕ですき込む）。