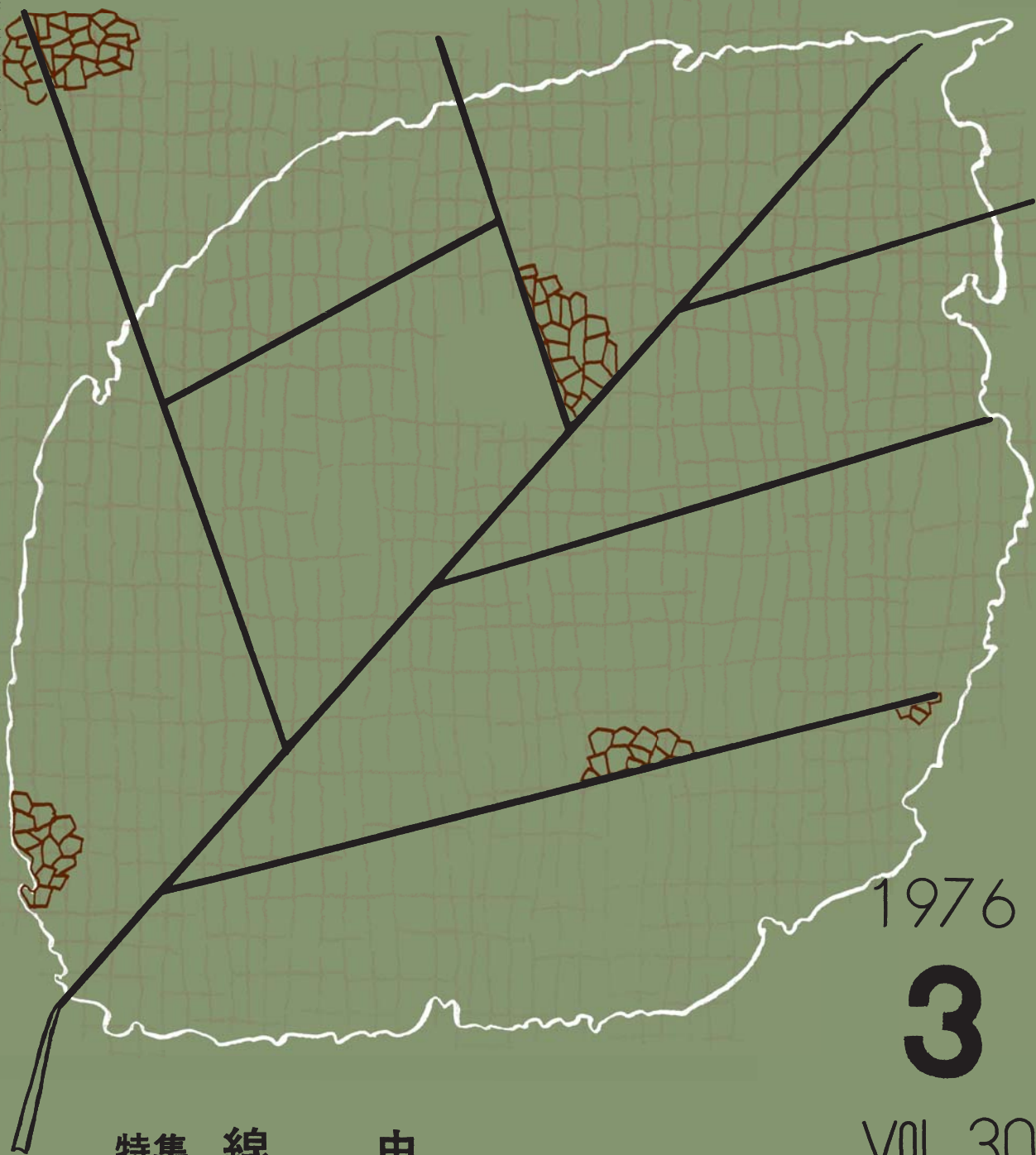


植物防疫

昭和五十一年三月二十五日
昭和五十一年三月三十日
昭和五十四年九月九日

印刷第三十卷第三号
發行(每月一回三十日發行)
第三種郵便物認可



特集 線 虫

1976

3

VOL 30

DM-9は小形の大農機

うまい米づくりの近道はDMによる
適期・適確な本田管理です。

DM-9は…

防除はもちろんおまかせください。

防除マスクがついています。

除草剤が散布できます。

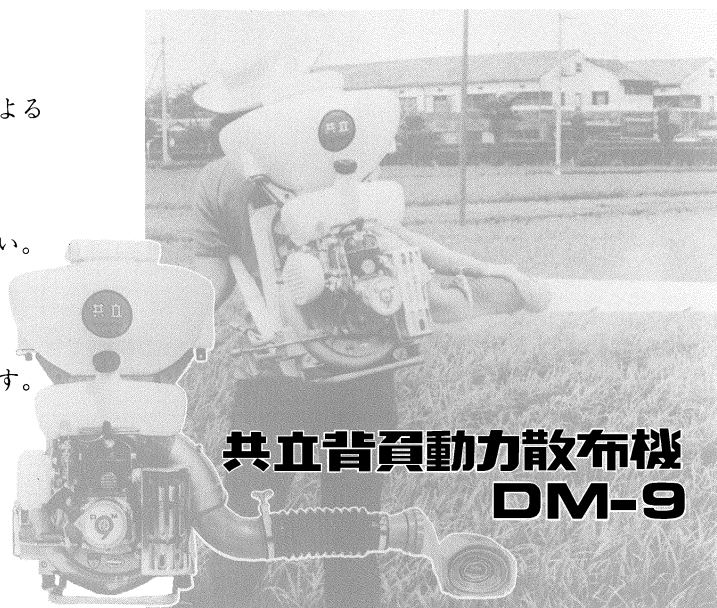
施肥——粒状肥料が散布できます。

散布作業がラクラクできるDM

-9は、その他驚くほど幅広く効

率的に利用できる安心と信頼の

散布機です。



**共立背負動力散布機
DM-9**



株式
会社

共 立



共立エコー物産株式会社

〒160 東京都新宿区西新宿 1-11-3 (新宿Kビル) ☎03-343-3231(代表)

斑点落葉病、黒点病、赤星病防除に

モルックス

斑点落葉病、うどんこ病、黒点病の同時防除に

アブルサン



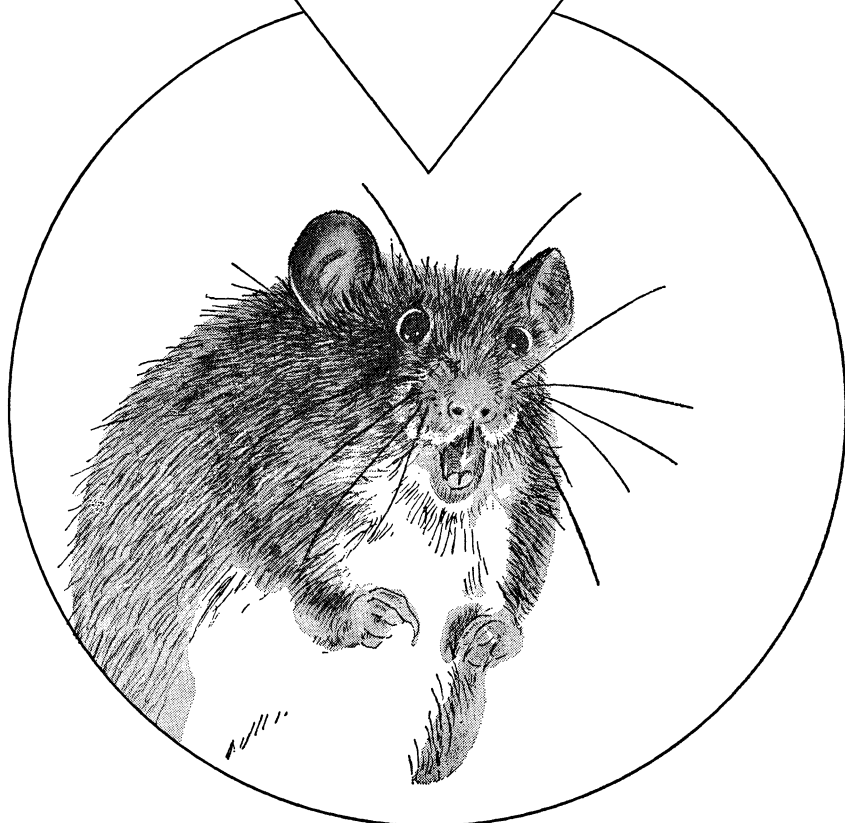
大内新興化学工業株式会社

〒103 東京都中央区日本橋小舟町1-3-7

クミアイ 鼠とり

雨雪に耐えられる防水性小袋完成

ラテミン小袋
タリウム小袋



クマリン剤

固形ラテミンS=家鼠用

水溶性ラテミン錠=農業倉庫用

ラテミンコンク=飼料倉庫用

粉末ラテミン=鶏畜舎用

燐化亜鉛剤

強力ラテミン=農耕地用

ラテミン小袋=農耕地用

タリウム剤

水溶タリウム=農耕地用

液剤タリウム=農耕地用

固形タリウム=農耕地用

タリウム小袋=農耕地用

モノフルオール酢酸塩剤(1080)

液剤テンエイテイ=農耕地用

固形テンエイテイ=農耕地用



取扱 全 農・経済連・農業協同組合
製造 **大塚薬品工業株式会社**

本社：東京都豊島区西池袋3-25-15 IBビル TEL 03(986)3791
工場：埼玉県川越市下小坂304 TEL 0492(31)1235

〔効力・安全性・経済性〕

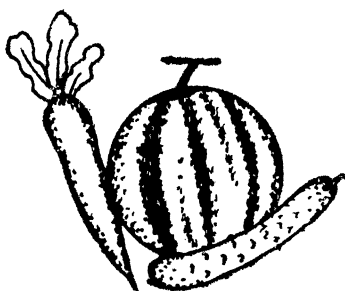
質には常に厳しく

★穿孔性害虫に卓効を示す

トラサイド乳剤

★多年生雑草の防除に

バサグラン粒剤
水和剤



★誘引殺虫剤

デナポン5%ベイト

★作物の品質向上と増収に

ネアホルン

EDB油剤30

DBCP粒剤



サンケイ化学株式会社

東京 (03)294-6981 大阪 (06)473-2010

福岡 (092)771-8988 鹿児島 (0992)54-1161

種子から収穫まで護るホクコー農業



種もみ消毒はやりなおしが出来ません

★ばかなえ病・いもち病・ごまはがれ病に卓効

デュボン **ベンレート**®
水和剤20

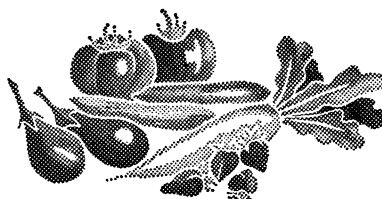


効めの長い強力殺虫剤

★アブラムシからヨトウムシまで、これ一発でOK

安全・卓効・省力《新型浸透性殺虫剤》

ホクコー **オルトラン**粒剤
水和剤



いもち病に

カスラサイド®
ホクコー 粉剤・水和剤

果樹・野菜の各種病害に

トップジン®
ホクコー M 水和剤



北興化学工業株式会社

東京都中央区日本橋本石町4-2 ㊤103
支店:札幌・東京・名古屋・大阪・福岡

キャベツ・さつまいも畑の除草に

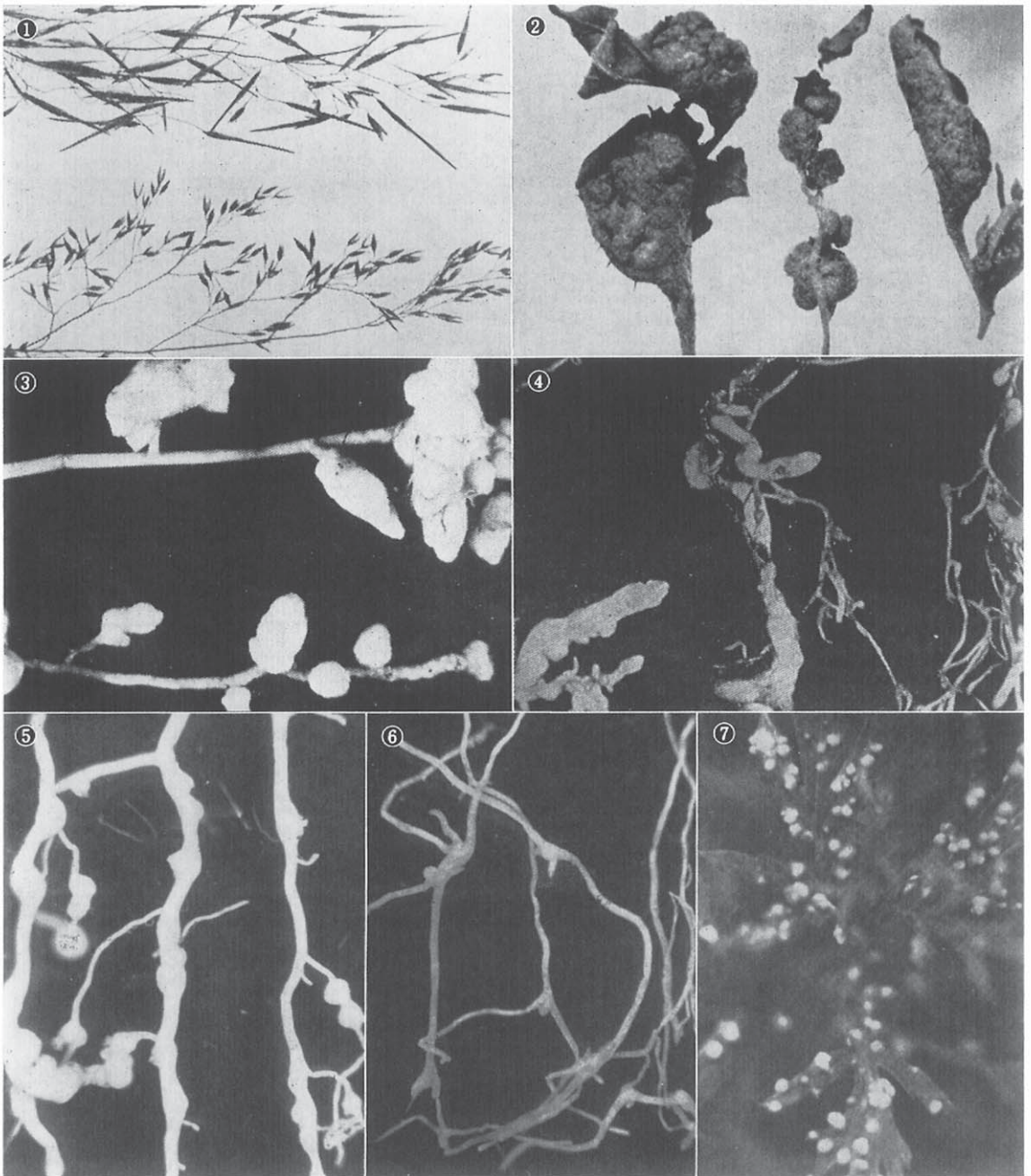
ホクコー **プラナビアン**®
水和剤

体系除草に(ウリカワにも)

グラキール粒剤 $\frac{1.5}{2.5}$

線虫による植物体各部のゴール形成

佐賀大学農学部 石 橋 信 義



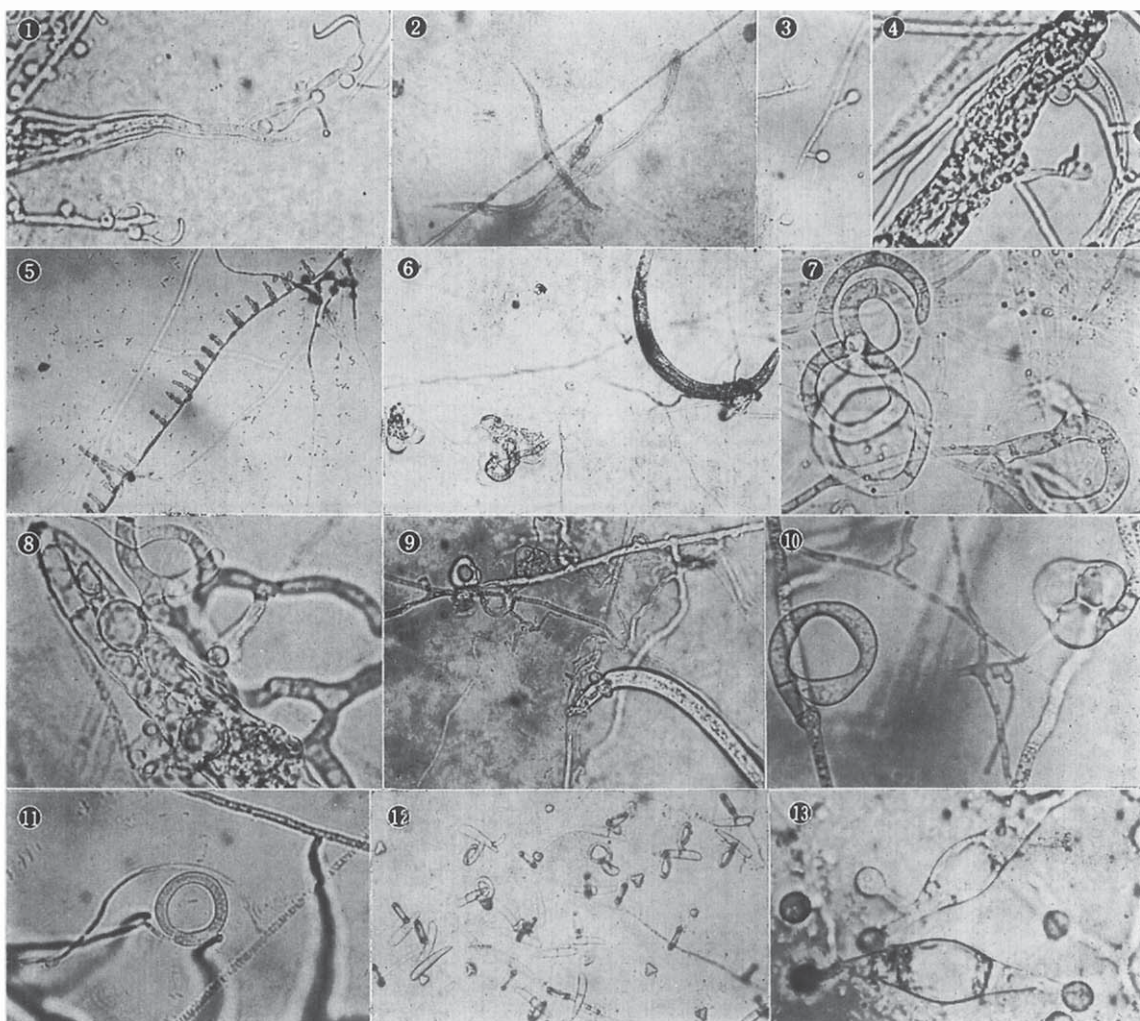
<写 真 説 明>

- ① ツブセンチュウの1種 *Anguina agrostis* によるベントグラス穎果のゴール (上:被害株, 下:健全株)
- ② *Nothanguina phyllobia* によるナス科植物の葉のゴール
- ③ サヤセンチュウの1種 *Hemicycliophora arenaria* によるカンキツの根のゴール
- ④ オオガタハリセンチュウの1種 *Xiphinema diversicaudatum* によるバラの根のゴール
- ⑤ サツマイモネコブセンチュウによるトマトの根のゴール
- ⑥ キタネコブセンチュウによるトマトの根のゴール
- ⑦ ツブセンチュウの1種 *Anguina moxae* によるヨモギの葉のゴール

(①～④: G. THORNE⁴⁰⁾ 1961 から, ⑤, ⑥: 筆者, ⑦: CHOI ら⁸⁾ 各原図)

線 虫 捕 食 菌 の 形 態

農林省農業技術研究所 三 井 康 (原図)



<写 真 説 明>

- ① *Harposporium* の分生孢子, 菌糸は線虫体内に充滿している
- ② 特別な捕捉器官を作らず, 菌糸上に線虫を捕捉するもの ③ 球状の捕捉器官
- ④ 線虫体内で増殖した菌糸と球状の捕捉器官 ⑤ 平面的な網状の捕捉器官
- ⑥ 立体的な網状の捕捉器官に線虫が捕捉されている ⑦ 立体的な網状の捕捉器官
- ⑧ 立体的な網状の捕捉器官が線虫を捕捉し菌糸が線虫体内に充滿したもの
- ⑨ 収縮する環状捕捉器官が線虫を捕捉している ⑩ 収縮する環状捕捉器官, 右側は環が収縮している
- ⑪ 収縮しない環状捕捉器官 ⑫ *A. dactyloides* の分生孢子が発芽して収縮する環状捕捉器官を形成する
- ⑬ *M. ellipso sporum* の分生孢子が発芽して球状の捕捉器官を形成する

特集・線虫

線虫の孵化促進及び抑制物質	岡田 利承 高杉 光雄	1
線虫によるゴールの形成	石橋 信義	6
線虫と関連のある植物病害	平野 和弥	11
線虫を捕食する菌類	三井 康	17
昆虫に寄生する線虫類	高木 信一	22
マツノザイセンチュウのその後の研究	真宮 靖治	27
線虫分類学の現状	大島 康臣	32
線虫の総合防除	稲垣 春郎	37
新しく登録された農薬 (51.1.1~1.31)		5
中央だより	協会だより	36 31
学界だより	人事消息	10 16

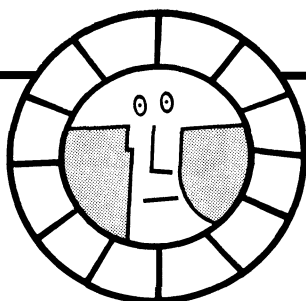
豊かな稔りにバイエル農薬



説明書進呈

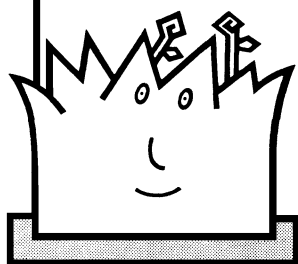
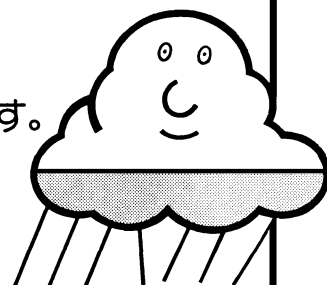


日本特殊農薬製造株式会社
東京都中央区日本橋室町2-8 ☎ 103



ふりそそぐ太陽のエネルギーは、すべての生命力の源です。

雲がはこんできた雨は、新鮮なうるおいを与えます。



自然の恵みと人間の愛情が、農作物を育てます。

お天気の日があったり、雨の日があったりして、農作物は実っていきます。そして、もうひとつ、人間の手で病虫害から農作物をまもってやらなければなりません。タケダは、自然にたいする人間の知恵と愛情で、農作物の健やかな成長を助けて行きたいと思います。



タケダ

武田薬品工業株式会社

●稲害虫の総合防除に

●稲もんがれ病に

パダン[®] バリタシン[®]

線虫の孵化促進及び抑制物質

農林省農薬検査所生物課

おか

だ

とし

つぐ

北海道大学理学部化学科

たか

すぎ

みつ

お

承

雄

植物寄生性線虫の孵化についてはシストセンチュウが最もよく研究されている。その理由は寄主植物の根から孵化促進物質が分泌されるため、純学問的な興味からも線虫防除の実用面からも強い関心が持たれてきたためと思われる。本稿ではこの孵化促進物質とその後に線虫自体から発見された生理活性物質について、それらがシストセンチュウの孵化機構にどのように関与しているか、筆者らの考えを述べ、次いで化学的研究の現状について述べることにする。

I シストセンチュウの孵化に関与する物質

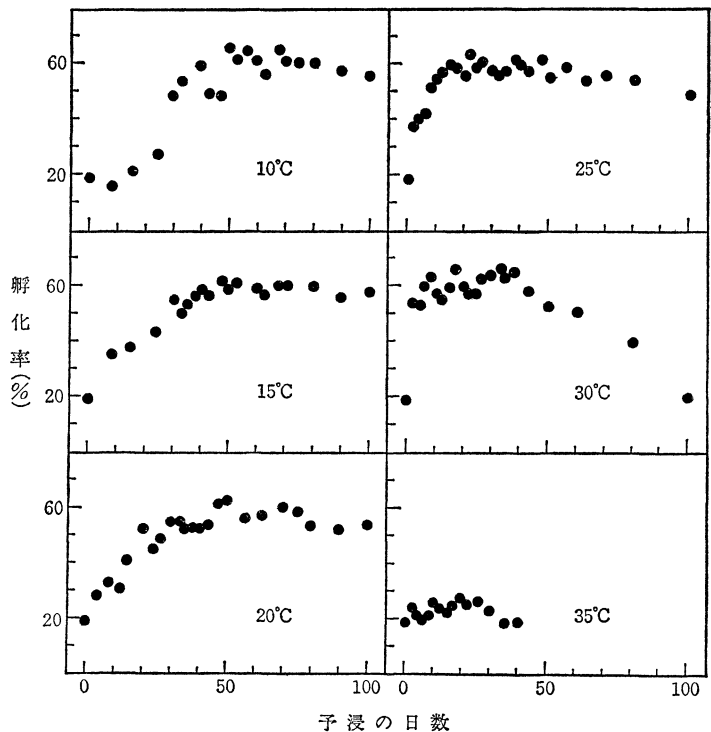
1 寄主植物内の孵化促進物質

シストセンチュウは一般的に言って春に地温が上昇するとシスト内の卵から幼虫が孵化し、この幼虫がシストから土壤中へ遊出して近くの寄主植物の根に侵入する。しかし、寄主植物が近くに生育していないとほとんどの種類では一部の幼虫しか孵化せず、それも春から夏にかけてだらだらと続く。そして、大部分の卵はそのままシスト中に残り、翌年改めて何割かが孵化する、ということを数年にわたって繰り返す。孵化せずにシストの中に生き続けた卵内幼虫は、近くに寄主植物の根が伸長してきた時に、初めてその根から出る孵化促進物質に反応し一斉に孵化するのである。もし寄主植物が近くに生育していないのに最初の春に全部の幼虫が孵化したとすると、幼虫の寿命と移動力の弱さから考えて全滅することになる。

寄主植物に孵化促進物質が含まれていることは、現在ではシストセンチュウのほとんどの種類で確かめられているが、孵化促進物質に対する卵内幼虫の感受性は季節によって、また、卵がおかれていた環境条件によって変化する。例えば低温あるいは乾燥状態に保存しておいた卵から幼虫を孵化させる

場合には、孵化促進物質を含む液に直接卵を入れるよりもまず温水で予浸後、液に移すほうが短時間に多数の幼虫を孵化させる。約 5°C の温度に長期間保存したダイズシストセンチュウの場合、 30°C でも4日以上の子浸が必要でありそれよりも低温では更に長時間の子浸が必要であった(下図)。

シストセンチュウの卵内の胚は、一般的に言って2期幼虫まで発育すると、都合のよい環境条件になるまであるいは孵化促進物質の作用を受けるまで休止する。孵化は卵内幼虫が卵殻に割れ目を作りそこから脱出することによって起こるが、そのためには幼虫の活発な動きと口針による穴あけ動作が必要であり(DONCASTER and SHEPHERD, 1967), 孵化促進物質が卵内幼虫の活発化と正常な孵化行動を起こさせるのに役立っていると考えら



インゲンの根浸出液 (25°C) 中のダイズシストセンチュウの孵化率に及ぼす予浸の影響 (岡田, 1971)

図中の数字は予浸の温度を示す。

れる。シストセンチウの卵内幼虫が孵化能力を維持しながら孵化せずに数年間も生き続けることと、孵化促進物質に刺激されると一斉に孵化することの意義は理解できるとして、それでは孵化促進物質の作用を受けるまで孵化しないのはどのような機構によるのか、そして、それにはどのような物質が関与しているのであろうか。

2 シスト内の孵化抑制物質と卵内の孵化促進物質

シスト内の卵は一般的に言って遊離卵よりも孵化しにくいことが知られており、シスト内に先に孵化した幼虫の代謝生産物質 (ELLENBY, 1946) あるいはシストの殻に含まれている物質 (SHEPHERD and Cox, 1967) が孵化抑制物質として働くのではないかと考えられた。また、酸素不足 (HESLING, 1959) や炭酸ガスの過剰 (WALLACE, 1959) も孵化を抑制していると考えられている。ところで、約 5°C に長期間保存しておいたダイズシストセンチウのシストを蒸留水中で割った液には孵化抑制作用があり、55°C 以下の温度なら短時間エバポレータで減圧濃縮しても活性を失わなかった (OKADA, 1972a)。このことは明らかにシストの中に孵化抑制物質が存在することを示すが、生物検定が難しいため化学的研究はほとんど行われていない。しかしながら、1 ml の蒸留水中でシスト 10 個を割って得られる濃度に明らかな抑制作用があることから、シスト中で働く抑制力はかなり強いものと想像される。この抑制物質が何に由来する物質かは不明であるが、シストという一種の閉鎖環境が有効濃度の保持に欠かせない条件と考えられ、このような閉鎖環境では酸素欠乏や炭酸ガスの過剰なども強力な抑制要因になると考えられる。

その後ダイズシストセンチウの卵や幼虫を破壊した液に別の卵を入れると、よく孵化することが発見された (OKADA, 1972b)。この卵・幼虫破壊液に含まれている孵化促進物質は熱に強く、水溶性で、各種の有機溶媒に溶けにくい、寄主植物内の孵化促進物質とは幾つかの化学的性質や作用機作に明らかな違いが見られる。例えば寄主植物内の物質には種特異性があるが、卵・幼虫内の物質は異種間で相互に作用し合い (下表)、両物質を含む混合液は単独では濃過ぎてかえって孵化率を下げるよ

うな濃度でも孵化率を更に高める。また、卵・幼虫内の物質のほうが速効的に幼虫を活発化させ、低温に保存した卵を孵化させるのに予浸をほとんど必要としない (岡田, 未発表)。

ところでこの卵・幼虫破壊液から発見された孵化促進物質は、孵化前の 2 期幼虫の体内に多く含まれていることが確かめられ、孵化後の生きていた幼虫からも体外に分泌されると考えられている (岡田, 未発表)。更にシストになる直前の雌成虫や形成直後のシスト内の、卵・幼虫以外の部分にも、卵・幼虫内の孵化物質と同じと考えられる物質が含まれている (岡田, 未発表)。これらのことは、卵・幼虫の破壊液から発見された孵化促進物質が、人為的に卵・幼虫を破壊したことによって生じたのではなく、卵、幼虫、雌成虫及びシストなどの中に広く存在し、自然条件でも孵化に関与している物質であると考えさせる。また、卵・幼虫内の孵化促進物質とシスト内の抑制物質を実験的に混合すると、両物質の活性はそれぞれ他方の影響を受けて弱まる (岡田, 未発表)。このことはまた自然条件におけるシスト内の孵化が、両物質の活性のバランスによって影響されていることを想像させる。

3 孵化における各要因の役割

シストセンチウの孵化機構についてはほとんど何も分かっていないが、以上に述べたことから孵化における各要因の役割を考えてみたいと思う。①卵・幼虫内に存在する孵化促進物質は卵内幼虫をいつでも孵化できる状態に維持する働きがあるのではないだろうか。寄主植物からの刺激がなくてもわずかながらシストから孵化するのはこの物質の作用によるのかもしれない。また、一般的に、雌成虫や若いシスト内で孵化が多いのは、卵・幼虫以外の部分にもこの物質が存在するためかもしれない。②シスト内の孵化抑制物質は卵・幼虫内の孵化促進物質による孵化の進行を抑制する孵化抑制機構の要因の一つと考えられる。この要因の中にはシストという閉鎖環境によって生じた酸素不足や過剰炭酸ガス及び先に孵化した幼虫の代謝物質なども含まれるであろう。③寄主植物内の孵化促進物質は幼虫の感受性が高まっている時

3 種のシストセンチウの孵化率に及ぼす破壊した線虫の水抽出液と寄主植物の根浸出液の影響 (OKADA, 1974)

検 定 線 虫	線虫の水抽出液			根 浸 出 液			蒸 留 水	LSD (1%)
	A	B	C	イ ゲ ン	ジャ ガ イ モ	イ ネ		
A) ダイズシストセンチウ	90.0%	82.9%	56.9%	81.1%	16.4%	5.8%	5.3%	9.0%
B) ジャガイモシストセンチウ	17.2	24.5	11.5	1.0	84.1	2.5	2.9	5.7
C) イネシストセンチウ	42.8	32.5	51.9	14.9	13.8	28.1	10.9	13.3

期に卵・幼虫内の孵化促進物質とともに孵化抑制作用に打ち勝ち、孵化を強力に促進すると考えられる。そして、④土壌中の温度、水分、空気、pH や各種の物質は、その時々条件によって卵・幼虫内の孵化促進物質を十分に働かせるように作用したり、あるいは抑制要因の一部として働いたりするといえよう。以上の考えはシストセンチュウの孵化現象を一応説明していることになるが、残念ながら自然界の実態はほとんど分かっていない。それぞれの活性物質の化学的性質の究明や線虫の内分泌、卵殻そのものの研究とともに、解決されるべき重要な課題と考えられる。

II 孵化促進物質の化学的研究

合成孵化促進剤についてはかなり研究されているが天然孵化促進物質に比べると桁違いに低活性であるし(岡田, 1975), ダイズシストセンチュウではシスト内の孵化抑制物質と卵内の孵化促進物質の存在が知られているが、化学的研究には見るべきものがないので、ここでは寄主植物に由来する孵化促進物質だけを取り上げることにする。そのうちでも古くから研究されてきたジャガイモシストセンチュウの孵化促進物質と、1967年以来北海道大学理学部で行ってきたダイズシストセンチュウの孵化促進物質についての化学的研究を紹介する。

1 ジャガイモシストセンチュウの孵化促進物質

本格的な研究はイギリスの優れた有機化学者 TODD らによって 1939 年に開始され (CALAM et al., 1949 a), 1949 年には一連の報告がなされている。15 万本ものトマトを温室に栽培して得た大量の土壤浸出液から活性物質を活性炭に吸着させ、含水アセトンで活性物質を溶出し、減圧下で蒸発乾涸して 218 g の粗抽出物を得て化学的研究の出発材料とした。この粗抽出物を希硫酸に溶かしエーテルで連続抽出して活性の上がった樹脂状物を得、これを更にアルカロイド塩へ導き、分別沈殿を繰り返すことによって一定の分析値を示す無晶状アルカロイド塩を得た。これを遊離酸に戻して 10^{-7-8} g/ml の濃度で活性を示す樹脂状物を得た (CALAM et al., 1949 b)。その後分離方法を種々検討したが活性は上がっていない (MARRIAN et al., 1949)。TODD らはこのようにして得た樹脂状物が完全に純粋ではないにせよ 10^{-7-8} g/ml という低濃度でも活性を示すこと、また、バッチによらず一定の分析値を与えることから、その大部分は孵化促進物質であると考え、eclepic acid と名付けた (CALAM et al., 1949 b)。種々の化学反応を試みた結果、eclepic acid はカルボキシル基、ラクトン基、二重結合、1~2 個の水酸基を持ち、分子式が $C_{18}H_{24}O_8$ で表される化合

物と推定している (MARRIAN et al., 1949)。1958 年の報告では活性炭吸着法を浸出液の直接減圧濃縮あるいはイオン交換樹脂処理に変え、エーテル連続抽出をフェノール抽出に変え、更に各種クロマトグラフィーによる分離も試みたが結果は思わしくなく、活性が今まで以上に高まったという記載はない (CARROLL et al., 1958)。

その後の研究は TODD らと共同研究を行っていたローザムステッド試験場のグループによって続けられている。CLARKE and WIDDOWSON (1966) は 280 l のジャガイモ根浸出液を酸性条件で活性炭処理し、アセトンで活性物質を溶出してから酢酸エチルと KH_2PO_4 水、次いで $K_2S_2O_8$ 水と分配し、酢酸エチル層に残った活性成分を pH 8 の緩衝溶液で抽出後酸性とし酢酸エチルで活性成分を再抽出した。この抽出物を DEAE-セルロース、シリカゲル、ポリアミドの各種クロマトグラフィーで精製することにより 5mg の高活性分画を得た。このなかには根浸出液中の活性成分の 20% が含まれており、 5×10^{-8} g/ml の濃度でも活性を示した。最近の同試験場報告 (CLARKE, 1968) によると材料をジャガイモ根浸出液からジャガイモ根に変更し、改善した抽出分離法を用いて、使用したジャガイモ根の 0.005% の重量で初めの活性成分の 20% を含む活性分画を得ている。CLARKE and HENNESSY (1971) はこのようにして得た活性分画から 20 以上の活性成分を向流分配によって分離し、これらが酸性、中性あるいは弱塩基性物質を含むことから、ジャガイモシストセンチュウの孵化促進物質に対して新たに eclepins の名を提案している。1974 年の報告では今までの活性分画よりも少なくとも 10~20 倍活性の高い孵化促進物質を μ g の単位で得て誘導体とし、ガスクロマトグラフィーで分取したのち加水分解して活性の再現をみた述べている (CLARKE and HENNESSY, 1974)。

ジャガイモシストセンチュウの孵化促進物質はアルカリに対して極度に不安定なため (CALAM et al., 1949a) 抽出分離方法が制約されるほか、欧米の研究者は生物試験にシストを用いるため供試シストの個体差が活性評価を困難とし、また、数多くの検体処理を事実上不可能としている。次に述べる我々のダイズシストセンチュウの孵化促進物質の研究では、25°C の水に 10 日間予浸した多数のシストから取り出した遊離卵を用いることによってシストの個体差を平均化し、生物試験の信頼性を高めると同時に実施方法を大幅に簡便化した。

2 ダイズシストセンチュウの孵化促進物質

寄主植物のうち特に孵化促進効果の大きいインゲンの根 (堤・桜井, 1966) の乾燥粉末を水で抽出し、30°C

以下で減圧濃縮後 pH を 3 に調整してクロロホルムで連続抽出し、粗抽出物 (A) を得た。A を酢酸エチルに溶かして NaHCO_3 水で抽出し、酸性にして酢酸エチル抽出を行って活性酸性部 (B) を得た。B を活性炭-セライトカラムにのせ、水-アセトン系で 10% ずつアセトン含量を増加させて溶出したところ 80% アセトン溶出部 (C) に活性が集中した。C を更にシリカゲルカラムクロマトグラフィーで分離し活性分画 (D) を得た。本分画は 10^{-8-9} g/ml の濃度でも孵化を促進するが依然として複雑な混合物である。以上を図示すると次のようになる。

インゲン畑 1 ha
 ↓ 開花期に採取
 乾燥根粉末 135 kg
 ↓ 水抽出
 ↓ 減圧濃縮
 ↓ pH 3 でクロロホルム連続抽出
 粗抽出物 (A) 115 g, 10^{-5} g/ml
 ↓ 酢酸エチル- NaHCO_3 水
 活性酸性部 (B) 66.5 g, 10^{-5-6} g/ml
 ↓ 活性炭-セライトカラムクロマトグラフィー
 80% アセトン溶出部 (C) 5.2 g, 10^{-7} g/ml
 ↓ シリカゲルカラムクロマトグラフィー
 活性分画 (D) 360 mg, 10^{-8-9} g/ml

活性分画 (D) を薄層クロマトグラフィーで分取して 10^{-9-10} g/ml で活性を示す分画 (E) を得た。その一部を検出ならびに定量を容易とするため紫外吸収をもつ *p*-ブロムフェナシルエステルへ導き、分配薄層クロマトグラフィーで分取し、更に高速液体クロマトグラフィーで分画し、加水分解後 10^{-11-12} g/ml で活性を示す分画を得た。別の分離条件を用いると、高速液体クロマトグラム上単一ピークを与え加水分解すると活性を示す分画が得られた。

孵化促進物質の存在は生物試験によって、また、その化学的性質は化学反応によって活性が消失するか否かによって推定する以外に方法はないが、今までの研究結果としてダイズシストセンチュウの孵化促進物質は酸性物質であり、アルカリに対しては不安定ではないが酸に対しては比較的不安定で、純化が進むと空気中で不安定となる。官能基としてはカルボキシル基、水酸基、二重結合の存在が推定できるがカルボニル基、エポキシ基は含まれていないと考えられる。高性能ゲル浸透カラムを用いて分析したところ、活性はインゲンの根から得られた長鎖のトリオキシ脂肪酸 (M. W. 332) (TAKASUGI et al., 1973) と既知の長鎖のジオキシ脂肪酸 (M. W. 316) の中間の分画に現れた。活性物質の極性は両化合物の中間であり、高速液体クロマトグラフィーで単一ピークを

与えた *p*-ブロムフェナシルエステルの FT-NMR スペクトルが長鎖の不飽和オキシ脂肪酸エステルを示唆することも考慮し、孵化促進物質が同じようなタイプの化合物であると仮定すると、その分子量は 324 ± 10 程度と推定される。

孵化促進物質の本体が単離されていない現段階では、どのような化学構造をもつかは明らかではないが、少なくとも孵化促進物質が上記のようなタイプの化合物と共存していることが明らかとなったので、それに応じた分離方法を現在検討している。今後どの程度まで活性が上がるかは予測できないが、仮に 10^{-14} g/ml の濃度でも活性を示すものとする、分離操作中に全然損失がなくても 1 ha のインゲンの根から数 μg の孵化促進物質しか得られないことになる。

おわりに

単離された孵化促進物質はいまだ一つもなく、化学構造についても推定の域を脱してはいないとはいえ、研究上の問題点は明確になってきた。寄主植物に含まれる孵化促進物質が超微量であることは、研究のためにばくだい量の植物材料を必要とすることを意味し、経済上の制約も大きく、また、そのなかから痕跡量の孵化促進物質を取り出すことは根気のいる仕事である。化学の進歩は著しいとはいえ、いまだ μg 単位の化合物の単離と構造研究は未開の分野である。今後の分離、分析手段の発展、特に高速液体クロマトグラフィー、ガスクロマトグラフィーならびにそれらと質量分析計との連結は近い将来孵化促進物質の構造推定を可能とすると考えられる。

孵化促進物質のように極めて低濃度で活性を示す化合物では推定構造をもつ化合物を合成し、その活性を確認できたとき初めて孵化促進物質を単離したといえよう。孵化促進物質の化学構造が一旦解明されれば、あとは世界の合成有機化学者が合成法を競うところとなり、類似化合物を含めて十分量の孵化促進物質が線虫の生物学的研究ならびに線虫防除への応用のために提供されることになる。

寄主植物の孵化促進物質はそれぞれの寄生線虫に対して種特異性を示すが、それらが構造的に類似したものなのかあるいは全く異なったタイプの化合物なのか、また、シスト内の孵化抑制物質や卵内の孵化促進物質とともに孵化機構においてどんな生物学的及び化学的役割を果たしているかなどが、線虫学と有機化学を結ぶ今後の重要な研究課題となるであろう。

引用文献

CALAM, C. T. et al. (1949 a) : Biochem. J. 45 : 513

- ～519.
 ——— et al. (1949b) : *ibid.* 45 : 520～524.
 CARROLL, K. K. et al. (1958) : *Nematologica* 3 : 154～167.
 CLARKE, A. J. (1968) : *Rep. Rothamsted exp. Stn* 153.
 ——— and J. A. HENNESSY (1971) : *ibid.* 165.
 ——— and ——— (1974) : *ibid.* 181～182.
 ——— and E. WIDDOWSON (1966) : *Biochem. J.* 98 : 862～868.
 DONCASTER, C. C. and A. M. SHEPHERD (1967) : *Nematologica* 13 : 476～478.
 ELLENBY, C. (1946) : *Nature, Lond.* 157 : 451～452.
 HESLING, J. J. (1959) : *Nematologica* 4 : 126～131.
 MARRIAN, D. H. et al. (1949) : *Biochem. J.* 45 : 524～528.
 岡田利承 (1971) : *応動昆* 15 : 215～221.
 OKADA, T. (1972a) : *Appl. Ent. Zool.* 7 : 99～102.
 ——— (1972b) : *ibid.* 7 : 234～237.
 ——— (1974) : *ibid.* 9 : 49～51.
 岡田利承 (1975) : *日線研誌* 5 : 1～9.
 SHEPHERD, A. M. and P. M. Cox (1967) : *Ann. appl. Biol.* 60 : 143～150.
 TAKASUGI, M. et al. (1973) : *Chemistry Letters* 445～446.
 堤 正明・桜井 清 (1966) : *応動昆* 10 : 129～137.
 WALLACE, H. R. (1959) : *Nematologica* 4 : 245～252.

新しく登録された農薬 (51.1.1～1.31)

掲載は登録番号、農薬名、登録業者(社)名、有効成分の種類及び含有量の順。
 なお、アンダラインのついた種類名は新規のもので、次の〔 〕は試験段階時の薬剤名。

『殺虫剤』

ピリミホスメチル乳剤〔P P 511〕

- 13492 武田アクテリック乳剤 武田薬品工業 2-ジェ
 チルアミノ-6-メチルピリミジン-4-イルジメチ
 ルホスホロチオネート 45%
 13493 日農アクテリック乳剤 日本農薬 同上

『殺菌剤』

フルオルイミド水和剤〔MK-23〕

- 13489 スバットサイド水和剤 クミアイ化学工業 N-
 (パラフルオルフェニル)-ジクロルマレイミド
 75%
 13490 三菱スバットサイド水和剤 三菱化成工業 同上
 ホスダイフェン・カスガマイシン粉剤〔MHO-K〕
 13494 カスバロン粉剤 三井東圧化学 O-エチル-O,
 O-ジ(2,4-ジクロルフェニル)ホスフェート 2.0

%, カスガマイシン-塩酸塩 0.11% (カスガ
 マイシンとして 0.10%)

- 13495 ホクコーカスバロン粉剤 北興化学工業 同上

『殺虫殺菌剤』

D-D・メチルイソチオシアネート油剤〔Di. Trapex〕

- 13488 デイ・トラベックス油剤 塩野義製薬 1,3-ジ
 クロルプロペン 40%, メチルイソシアネート
 20%

『除草剤』

SAP・メトキシフェノン除草剤〔NK049〕

- 13491 カヤフェノン粒剤 日本化薬 O,O-ジイソプロ
 ビル-2-(ベンゼンスルホンアミド)エチルジチオ
 ホスフェート 3.0%, 3,3'-ジメチル-4-メトキシ
 ベンゾフェノン 8.0%

郵便料金値上げに伴い、下記のように改訂します。

「植物防疫」専用合本ファイル

本誌名金文字入・美麗装幀

本誌B5判 12冊1年分が簡単にご自分で製本できる。

- ①貴方の書棚を飾る美しい外観。 ②穴もあけず糊も使わず合本ができる。
 ③冊誌を傷めず保存できる。 ④中のいずれでも取外しが簡単にできる。
 ⑤製本費がはぶける。

頒価 1部 400円 送料 200円

御希望の方は現金・振替・小為替で直接本会へお申込み下さい。



線虫によるゴールの形成

佐賀大学農学部 石 橋 信 義

I ゴールの形状

植物体にできるゴールのすべてが、線虫によるものではないことは周知のことであり、特に茎葉部ではダニ・昆虫・細菌などにまず疑いをかけるのが常道であろう。線虫によるものにも、特異的なものが幾つかは挙げられる。イネ科牧草やシバなどの茎葉に、長さ 2~4 mm 幅 1~3 mm で濃紫色のゴールをみつければ、*Anguina* 属の線虫かもしれない。*A. agrostis* がベントグラスなどの未分化の花芽や胚珠に入ると、内穎が伸長肥大し正常の数倍の大きさになる。ベントグラス・フェスキュグラスなどの茎葉にできるゴールには毒素があり、ヒツジやウシがこれを食うと死ぬので^{20,29)}、現在でもオーストラリアやアメリカでは問題になっている。この属の線虫で最も知られているのはコムギツブセンチュウ (*Anguina tritici*) だが、日本では全くみかけることがなくなった。ヨモギの茎葉に表面が粗い白いこぶ状のゴールを梅雨時にみかければ、*A. moxae* によるものかもしれない⁸⁾。タマバエによるゴールは表面が濃紫色で光沢がある。*Cynipanguina* 属の線虫はカラスミギの葉柄基部に極めて特異的な球状のゴールをつくる²⁸⁾。クキセンチュウ (*Ditylenchus*) はオオムギ・ベントグラス・チモシーなどの葉柄基部に *Anguina* よりやや大きめ (長さ 15 mm くらいまで) のゴールをつくる¹⁹⁾。*D. dipsaci* や *D. destructor* はよく球根類の地際を肥大させるが、これはゴールとはいわずブロットとよばれる。

地下部では、線虫によるゴールが多い。細菌によるものは、表面の木質化が進んで一般に堅いし、表面が滑らかである場合が多いので、線虫によるゴールとは識別されやすい。ネコブセンチュウ (*Meloidogyne*) のゴールは、線虫の種類によって多少の特徴がみられる。キタネコブセンチュウ (*M. hapla*) やアレナリアネコブセンチュウ (*M. arenaria*) (*M. hapla* ほど特異的でないが) では、ゴールは小さく、二次根がゴールから数本でている。サツマイモネコブセンチュウ (*M. incognita*) やジャワネコブセンチュウ (*M. javanica*) ではゴールは数珠状になる。イネ科植物やサツマイモではゴールは小さいが、ウリ類では大仰に大きくなり、コブシ大になることもある。接種すれば茎葉部にも容易にゴールは出来る。*Nacobbus* によるゴールは *Meloidogyne* とほとんど変わらない。

Longidorus の場合は、二次根がでるので *M. hapla* と間違われやすいかもしれない。しかし、一般に外寄生線虫サヤセンチュウ (*Hemicycliophora*)、ワセンチュウ (*Cricconema*)、*Dolichodoros*、オオガタハリセンチュウ (*Xiphinema*)、ユミハリセンチュウ (*Trichodoros*)、*Longidorus* などによるゴールは、根端が棍棒状になり、その先が伸長しないのが特徴である⁴⁰⁾。クキセンチュウの1種 *D. dipsaci* では根がよじれ、0.5~6.0 mm くらい的小さく堅いゴールをつくりやすい。*Xiphinema* の場合も根先端がカールするので 'curly tip' とよばれる。

II ゴールの内部形態

Anguina、*Nothanguina*、*Ditylenchus* などによる葉に出来るゴールは、主として葉肉細胞の肥大と過形成による。それに付随して表皮細胞・厚膜細胞・維管束の細胞も肥大したり過形成する。葉肉細胞は不規則な増殖をするので細胞間に空隙が出来、その中に線虫は生息する場合もある。しかし、一般には、維管束をとりまく細胞がもり上がり、その間が空洞となって線虫の生息場所となる場合が多いようである¹⁹⁾。穎果がゴールとなる場合は、表皮厚膜細胞が過形成して内側に空洞ができ線虫のすみ場所となる。

シストセンチュウ (*Heterodera*) や *Meloidogyne* など巨大細胞をつくる線虫のゴールは、内鞘が過形成し、大きなゴールでは中心柱が二つ三つに分かれているのがみられる¹⁸⁾。もちろん、木部柔組織の過形成がゴール組織の大部分を占める。これらのゴールでは、根が更に伸長し、またはゴールから二次根が発生するのが特徴である。

Xiphinema、*Longidorus*、*Trichodoros*、*Hemicycliophora* など外寄生線虫によるゴールは皮層柔組織が過形成し、頂端分裂組織の活動は停止するので、根はそれ以上伸長しない。過形成の細胞は小さく、核は大きくなる (径で約2倍)⁴²⁾。これは昆虫によるゴールでも細胞は小で、核は大になるのと同じである。

III ゴールの性状

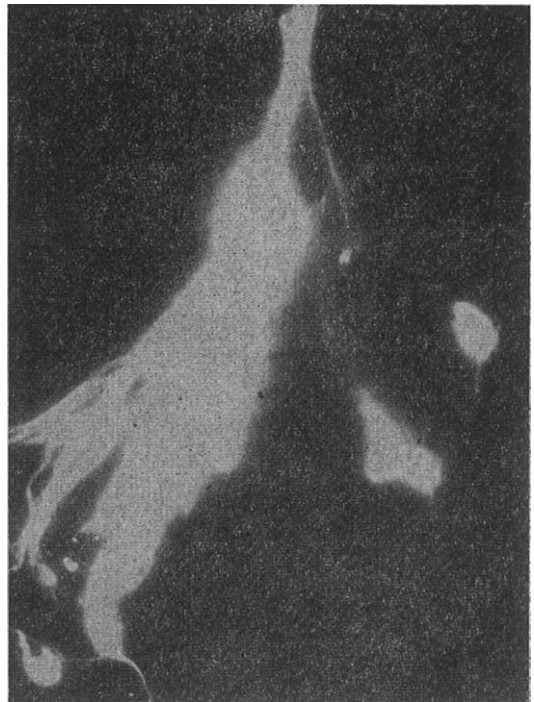
ゴール組織では、健全部よりも一般にデンプン質は少なく単糖類・遊離アミノ酸・リン酸化合物・核酸などが多くなる。健全部には存在しない新しいタンパク質が出来たり、通常存在するものが欠失したりする³⁵⁾。*Meloi-*

dogyne の場合, peroxidase は 2 期幼虫のとき活性が高く, 3~4 期幼虫のときは低下し, 成虫になると再び高くなる。量的に多くなるばかりでなく, アイソザイムパターンは健全部と著しい差を示し, しかもこのパターンの違いは幼虫侵入後 12 時間で現れる。侵入後 1 か月までが最高に活性があり, 線虫の発育・摂食期間と完全に一致する²¹⁾。他の線虫によるゴールでも, peroxidase の増加は例外なくみられる。脱水素酵素もゴールで多くなるが, catalase は健全部と変わらない¹⁷⁾。amylase や invertase はゴール組織では検出されず, 巨大細胞で著しく活性が高い。ゴールでは, 多糖類が少なく単糖類が多いのは, 巨大細胞で加水分解されるためとみられている³⁴⁾。しかし, 巨大細胞をつくらない *Trichodorus* のゴールでも, 単糖類やイヌリンの量が健全部の約 2 倍になる¹⁷⁾。

遊離アミノ酸は, ゴール組織に限らず, 線虫による被害部ではほとんどすべてにおいて増加する^{16, 23)}。例えば, *Longidorus* によるタウコギの根のゴールでは, タンパク質 173%, 遊離アミノ酸 184%, このうち proline が最も増加し, 健全部の 1,900%, glutamic acid は 271% 増となった。一方, aspartic acid は 56%, hydroxyproline は 34% (筆者の計算) の減となった¹⁵⁾。proline が多くなることは *Meloidogyne* によるゴールでも認められた³⁵⁾。proline は細胞壁タンパク質の主要な構成物質である hydroxyproline の前駆物質であるため, 前者の増加と後者の減少は, 線虫によって細胞壁の生合成が阻害されていることを示唆する¹⁵⁾。

リン酸化合物はゴール組織で著しく多い。巨大細胞では nucleotide の生合成が盛んであるため^{35, 37)}, リン酸は特異的に要求され, 健全部からゴール部分への移行集積がみられる^{5, 22)} (第 1 図)。ゴール組織では上述のように遊離アミノ酸やリン酸濃度が高いため, 緩衝力は健全部の 1.7~3.2 倍になるといわれる¹³⁾。ゴール部分を光に当てると約 2 週間後に葉緑素 a, b が合成され, その後 3 週間以上増加した。健全な根にはこういうことはなかった。施肥によりゴールは更に大きくなるし, 線虫の生育も良好となる。

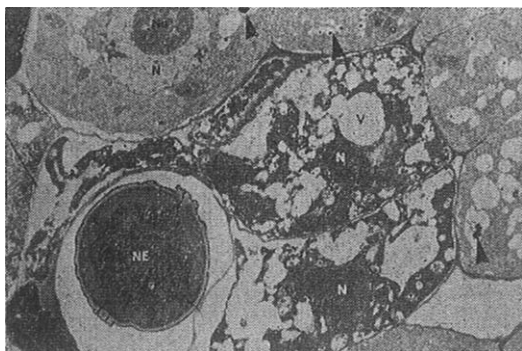
調節制御物質では, オーキシンがゴールでは多くなるとされているが⁴²⁾, 根の重量当たりにすれば健全部と変わらないという報告もある³⁸⁾。ゴール内のインドール誘導体は線虫によって異なり, *M. hapla* によるゴールでは IAN (indole-3-acetonitrile) が最も多く, IAA は少ない。*M. javanica* では IAA>IAN で, *M. incognita* では IBA (indole-3-butyric acid) しかみられない⁴¹⁾。もっともこれは寄主植物の内在性のオーキシシンに影響さ



第 1 図 ゴール部分への ³²P の移行と集積

抵抗性と感受性のトマトを接木し, 根部は別々のポットに分けて生育させ, 左側抵抗性のポットに ³²P の投与。右側感受性のほうには ゴール部分のみに ³²P の移行集積を認める。(ISHIBASHI & SHIMIZU²²⁾)

れ, 健全な寄主植物がもし IAN を多量にもつならば, *M. incognita* のゴールにも IAN が多少は検出される。オーキシンがゴール内で多くなるにつれ, エチレンもまた多くなる²⁷⁾。作用機作は分からないが, ethrel を葉面散布するか, 500~1,000 ppm をラノリンペーストで塗布するとゴールは著しく肥大する^{27, 30)}。オーキシンだけがあまりに多くなると, かえって生長阻害となり, 外からエチレンを与えるとオーキシンの活性は促進されると言われているので, あるいはこれに当たるかもしれない。ジベレリン (GA) やサイトカイニンはゴール組織ではかえって少なくなると言われる^{17, 24)}。GA はゴールの肥大とともに中性側分画が減少し, 微酸性分画は多くなるので, 被害植物では GA の転流パターンが変化するのであろうと考察された⁷⁾。内在性のサイトカイニンやオーキシンは抵抗性植物のほうが感受性より少ないとされている²⁴⁾。外からサイトカイニンを単独¹¹⁾またはオーキシンとともに²⁵⁾与えると, 抵抗性を感受性とし, 感受性ではゴールの肥大, 線虫の生育に良好な結果となる。GA にはこのような効果は見いだされていない。MH の



第2図 ネコブ抵抗性トマトの線虫に対する反応

線虫 (NE) の周りに3個の超感受性細胞がみられる。細胞質は電子密度が高く、液胞は融合している。外側の正常な細胞の液胞には電子密度の高い内容物 (矢印) が存在する (PAULSON & WEBSTER³⁶⁾ から転写)。

ような成長阻害物質はゴールの形成も線虫の生育も阻害する³³⁾。

IV ゴール形成の機構

線虫がオーキシンを分泌して植物体にゴールを作らせるという直接の証明はない。確かに *Meloidogyne* のゴールや *Ditylenchus* 被害葉を磨碎し、アルコールで抽出してゼラチンに混入し健全部に塗布すると、肥大または成長促進が認められた¹³⁾。また、*D. dipsaci* の虫体からは IAA のメチルエステルが¹⁰⁾、*Meloidogyne* では卵のうや幼虫にオーキシン誘導体が検出されている^{39, 45)}。したがって線虫は成長物質かあるいは植物の調節制御系に取り込まれる物質を分泌するであろうと推論する研究者もいる³²⁾。一方、動物体にインドール誘導体があっても不思議ではないし、また、虫体に検出された程度の濃度では、到底植物にゴールを作らせるのは不可能とする報告もある³⁹⁾。一時的に注入される量ではなく、蓄積される時間であるとみるものもあるが⁴²⁾、*Meloidogyne* の幼虫を根のまわりに接触させただけでゴールは形成され²⁶⁾、*Hemicycliphora* や *Trichodorus* では口針挿入後極めて短時間 (秒単位) で摂食細胞内にタンパク質が蓄積する¹⁴⁾。明らかに線虫は、亜腹部食道腺内容物 (タンパク質) を植物体に注入しているのが観察された¹⁾。とにかく現段階では、ゴール形成に関しては全く推論の域を出ていないので、幾つかの文献を参考にして筆者なりの推論を組み立てることにする。

植物線虫の口腔分泌物には種々の消化酵素、*esterase peroxidase* が証明されてきた^{4, 6, 31)}。摂食部域では線虫によるタンパク質分解酵素によって遊離のアミノ酸が多

くなる。遊離の Tryptophane は内在性の phenol 物質と反応してオーキシンを生成する³⁹⁾。根内のオーキシンはゴールでも健全組織でも細胞内には常に一定量あるように調節されているので、余分のオーキシンがゴール形成へと作用する³⁹⁾。ところが、植物体内の phenol は糖と結合して配糖体となっているので、遊離しては存在しないとされている。アブラムシの唾液には多量のアミノ酸と phenol 物質を含み、phenol が多いと虫えいは形成されない³⁸⁾。線虫では β -glucosidase が証明されており、この酵素を多量に含む線虫では、遊離した phenol によって植物組織にネクロシスができ線虫は生育できない⁴³⁾。それで、線虫の β -glucosidase 活性が大であると、遊離する phenol が反応しうる Tryptophane より多くなり、組織ではネクロシスを起こして抵抗性となる。この逆であればすべて反応してオーキシンを生成する、と考えれば、抵抗性にはいろいろな段階があるということ (ダイズのネコブ抵抗性にはゴールを作るものがある¹²⁾) を部分的に説明できるような気がする。しかし、これでもまだゴールを形成するきっかけの説明にはならない。線虫はオーキシン合成の引金となるか、あるいはオーキシンの活性に上乘せするようなものを分泌すると思われる。

ゴール形成は巨大細胞 (または多核体) の形成とは無関係とされているが、kinetin や zeatin の投与がネコブ抵抗性のトマトを感受性にしてゴールを形成させる¹¹⁾ことを考えると、必ずしも無関係ではないようにみられる。*Meloidogyne* の口腔分泌物で見いだされたヒストン様塩基性タンパク質は、少なくとも多核体の成長維持には欠かせないものと考えられている^{2, 3)}。これがたとえヒストンと仮定しても、その真の役割については議論のあるところだが、ここで BIRD⁴⁾ と WEBSTER⁴⁴⁾ の仮説を組み合わせてみよう。このヒストン様物質がもし遺伝子活性の選択的活性化、抑制化に関係するとすれば、正常状態での遺伝子発現の調節が乱されてしまい、あるいは活性化されてか、線虫の頭部付近の細胞は全能性を発揮しようとして多核体 (一つの個体としての機能をもつ) を形成する。多分この時サイトカイニンが消費され、核分裂と DNA 合成は増加し、核小体の増加とともに rRNA は増してタンパク合成へと導く。タンパク質は多核体細胞壁の拡張へと利用されるが、一部は線虫による酵素によって分解され、遊離アミノ酸を多くするだろう。抵抗性植物では、というより超感受性植物では、線虫の分泌物によって細胞の構造と機能が急速に disorder し、液胞内の物質が細胞質内に放出されてくる³⁶⁾ (第2図)。WEBSTER⁴⁾ らはこの液胞内の物質にサイトカイニンの遊

離を阻害する物質が含まれるであろうと考えた。したがって kinetin を投与すると、図に見られる超感受性反応は存続しながら多核体が形成され、線虫は生育可能となってゴール形成に至ると推論した。

ともかく、一言で言って、ゴール形成機構はまだ不明であると言わざるを得ない。植物生理学的にもオーキシンの第一次作用様式がまだ分からない現在では、致し方ないことであろう。一方、エチレンがゴール組織で多くなることにも着目しなければならないだろう。たとえ機械的刺激でも連続的に加えられると、その場所にはエチレンが生成されると思われる。加えてゴール内には methionine¹⁵⁾ と peroxidase^{15,16,17)} が豊富であるからエチレンの生成条件はそろってくる。エチレンは一般にオーキシンの働きを抑制するとされているが、ある場合にはむしろ促進する場合もあり、オーキシンを生成するともいわれる。しかし、エチレンにはまだ不明なところが多い。

あ と が き

線虫の生育・繁殖にとって、ゴール形成は必要不可欠のものではない。したがって線虫たちは、当今流行の言葉を使うと、ゴール形成はあげて植物当局側に責任があると言いたいところだろう。最近の線虫研究者は、ゴール形成機構にあまり精力を費やさなくなってきた。むしろ Heteroderidae 科線虫の多核体形成機構に興味をもっている。そこには寄主-寄生者関係の真髄があるのみでなく、生物学的にも核の生理代謝の研究に魅力的な分野を提供してくれるからである。ゴール形成機構は未解決のままに線虫研究者の手から離れつつあるという感じがする。あるいは彼らの手には負えなくなってきたのかもしれない。昆虫によるゴール形成にも同じような傾向があるような気がする。しかし、線虫による植物の被害を考えると、ゴール形成は決して見逃すわけにはいかないだろう。なぜなら、ゴールは植物の異常機能肥大であり、これに費やす植物のエネルギー消費が、結果的に被害となって現れるからである。

引 用 文 献

- 1) BIRD, A. F. (1967) : J. Parasitol. 53 : 768~776.
- 2) ——— (1968) : ibid. 54 : 879~890.
- 3) ——— (1969) : ibid. 55 : 337~345.
- 4) ——— (1974) : Ann. Rev. Phytopathol. 12 : 69~85.
- 5) ——— et al. (1975) : J. Nematology 7 : 111~113.
- 6) ——— et al. (1975) : Marcellia 38 : 165~169.
- 7) BRUESKE, C. H. et al. (1972) : J. Exp. Bot. 23 : 14~22.
- 8) CHOI, Y. E. et al. (1973) : Nematologica 19 : 285~292.
- 9) COHN, E. et al. (1970) : ibid. 16 : 423~428.
- 10) Cutler, H. G. et al. (1968) : Plant Cell Physiol. (Tokyo) 9 : 479~497.
- 11) DROPKIN, V. H. et al. (1969) : J. Nematol. 1 : 55~61.
- 12) ——— (1972) : OEPP/EPPO Bull. n° 6 : 23~32.
- 13) ENDO, B. Y. (1971) : Plant Parasitic Nematodes, Vol. 2 : 91~117. (ed. ZUCKERMAN et al.) Academic Press, Inc., N. Y.
- 14) ——— (1975) : Ann. Rev. Phytopathol. 13 : 213~238.
- 15) EPSTEIN, E. et al. (1971) : J. Nematol. 3 : 334~340.
- 16) ——— et al. (1973) : Phytoparasitica 1 : 58~59.
- 17) ——— (1970) : J. Nematol. 4 : 246~250.
- 18) FAROOQ, T. (1973) : Nematologica 19 : 118~119.
- 19) GOODEY, B. (1959) : J. the Sports Turf Res. Inst. 10 : 1~7.
- 20) HAAG, J. R. (1945) : Science 102 (2651) : 406~407.
- 21) HUANG, C. S. et al. (1971) : Nematologica 17 : 460~466.
- 22) ISHIBASHI, N. et al. (1970) : Appl. Ent. Zool. 5 : 105~111.
- 23) KANNAN, S. (1968) : Indian J. expl. Biol. 6 : 153~154.
- 24) KOCHBA, J. et al. (1972) : J. Am. Soc. Hort. Sci. 97 : 115~119.
- 25) ——— et al. (1971) : ibid. 96 : 458~461.
- 26) LOEWENBERG, J. R. et al. (1960) : Phytopathology 50 : 322.
- 27) 松井弘之 (1971) : 応動昆大会講演.
- 28) MAGGENTI, A. R. et al. (1974) : Nematologica 19 : 491~497.
- 29) MCINTOSH, G. H. et al. (1967) : Aust. Vet. J. 43 : 349~353.
- 30) MUKHOPADHYAYA, M. C. et al. (1971) : Indian J. Nematol. 1 : 112~115.
- 31) MYERS, R. F. (1965) : Nematologica 11 : 441~448.
- 32) NOLTE, H. W. et al. (1952) : Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzdienst 32 : 24~28.
- 33) ORION, D. et al. (1971) : Israel J. agric. Res. 21 : 83.
- 34) ——— et al. (1974) : Nematologica 19 : 401~402.
- 35) OWENS, R. et al. (1966) : Contrib. Boyce Thompson Inst. Plant Res. 23 : 181~198.
- 36) PAULSON, R. E. et al. (1972) : Physiological

- Plant Pathology 2 : 227~234.
- 37) RUBINSTEIN, J. H. et al. (1964) : Contrib. Boyce Thompson Inst. 22 : 491~502.
- 38) SCHÄLLER, VON G. (1965) : Zool. Jb. Physiol. 71 : 385~392.
- 39) SETTY, K. G. H. et al. (1968) : Ann. Appl. Biol. 61 : 495~501.
- 40) THORNE, G. (1961) : Principles of Nematology, McGraw-Hill. pp. 553,
- 41) VIGLIERCHIO, D. R. et al. (1968) : Expl. Parasitol. 23 : 88~95.
- 42) ——— (1971) : The Botanical Review 37 : 1~21.
- 43) WILSKI, A. et al. (1966) : Nematologica 12 : 219~224.
- 44) WEBSTER, J. M. et al. (1972) : OEPP/EPPO Bull. n° 6 : 33~39.
- 45) YU, P. K. et al. (1964) : Expl. Parasitol. 15 : 242~248.



○日本農薬学会第1回大会日程変更についてのお知らせ

前号2月号16ページ学界だより欄で開催期日のお知らせをしましたが、3月30日は交通機関のストライキが予定されているため、下記のとおり変更になりました。

期日：51年3月25日(木)~27日(土)

行事・会場は変更ありません。

○日本農薬学会、日本応用動物昆虫学会、日本植物病理学会よりのお知らせ

3学会共用の直通電話が新設されました。今後学会への電話は下記の番号でお願いいたします。

東京 03 (943) 6021 番

【教 官 公 募】

名古屋大学農学部助手

名古屋大学では農学部農学科害虫学講座の助手を公募しており関係機関に文章を以ってご依頼してありますが、応募または推薦希望の方は下記へお問い合わせ下さい。提出書類の締切りは、51年4月30日(金)(必着)

〒464 名古屋市千種区不老町
名古屋大学農学部
害虫学助手選考委員会

新 刊 本 会 発 行 図 書

昆虫フェロモン関係文献集 (I)

B5判 41ページ 実費 340円 送料 120円

Journal Economic Entomology, Annals of Entomological Society of America, Environmental Entomology の3誌に1970~1973年の4年間に掲載された昆虫フェロモンに関する論文の文献と1975年4月までに発表された鱗翅目昆虫の雌成虫が生産する性フェロモンについて、その昆虫名、性フェロモンの化学名、関連文献を併録した書。

51年1月25日よりの郵便料金値上げに伴い、送料を改訂します。図書には旧郵便料金が印刷されておりますが、お含みおき下さい。

線虫と関連のある植物病害

千葉大学園芸学部 平野和弥

はじめに

植物を加害する線虫の問題を考える場合、同時に線虫と関連ある植物病害の問題を軽視するわけにはいかない。このことを裏返せば、植物の病害、特に土壌伝染病の問題を扱うにあたっては常に線虫の存在を配慮すべきであるということになる。この線虫と病害の関連の実態を正しく理解することは、線虫学者にとってもまた、植物病理学者にとっても極めて大事なことと思われるが、この問題の研究が残念ながら我が国ではそれほど幅広く行われているとはいえない。それには、研究領域の特殊性とか研究体制などいろいろな理由が考えられるが、もっと素朴に言えば線虫による植物ウイルス伝搬の問題はともかく、いわゆる複合病 (Complex disease) の問題についていえば、現実の姿として人目に強く印象づけるだけの特殊性がないために事柄の重要性が見落とされた結果と思われる。

例えば、数多くある複合病のうち最も代表的な例として、各種植物におけるネコブセンチュウと *Fusarium* 萎ちょう性病害 (道管病) との関連が重視されるが、この両者の複合病もその病気の外観だけでは *Fusarium* 菌単独による病徴と変わりなく、正しく萎ちょう病あるいはつる割病としか見えないのである。線虫が関与する複合病は、ほとんどの場合そのような姿で現れるが、それでは複合病は何によって単独の病害と区別されるかといえ、多くの場合ある病気の発病が線虫の存在下において、線虫が存在しない場合に比べいかに激しく増大するかという相対的变化で評価される。したがって土壌伝染病の

発病調査などの実際場面では病原菌単独の病気と診断しながら実は線虫との複合病を観察しているということがないとはいえない。

本稿では、線虫と関連ある植物病害について、これまでの知見を新たな観点から整理し、その中で特に注目すべき話題に焦点を絞って解説してみたい。大方の御批判を仰ぐ次第である。

I 線虫関連病の範囲

線虫と関連のある植物病害は、各種の土壌伝染病や、線虫伝搬の植物ウイルス病など非常に広範囲にわたっており、それらに関する総説的な報告も既に少なからずある (BERGESON³⁾, 平野¹⁰⁾, 稲垣¹³⁾, PITCHER²⁰⁾, POWELL²¹⁾, TAYLOR²⁴⁾)。したがって全般的な内容についてはそれらを参照されるとよい。ただし、現在のところ線虫関連病の内容は必ずしも体系的に整理されていない。ここでは、既往の知見をもとにして仮に次のように整理した (下図参照)。このまとめ方は、植物の病気に対する線虫の役割に注目してきたこれまでの観点とは趣を変え、植物における線虫関連病の特性に従って類別したものである。

まずその特性から全体を二つに大別し、複合病と線虫伝搬性の植物病とした。

複合病 (Complex disease) の概念は、研究者によって見解に幅があり、それを広義に理解するか狭義に理解するかで対象の範囲が違ってくる。ここでは、広義の複合病として次の三つのケースに類別し、その中の一つに狭義の解釈による複合病を含めて扱った。

		文献番号
線虫関連病害	複合病 (広義) Complex disease	真正複合病 (狭義) True complex 6 (症例多数あり)
		併発性複合病 Duplicate complex 2, 5, 12
		不定性複合病 Indefinite complex 17, 22
	線虫伝搬性の病害	NEPO ウイルス病 16, 24
		NETU (細菌病) 14
		定性的伝搬 1, 7 分散的伝搬 8, 9

線虫関連病害の範囲

(1) 真正複合病 (True complex disease)

これは“相異なる2種またはそれ以上の病原体の混合感染によって起こる病気”を指し、つまり狭義の複合病に該当するものである。この場合、線虫とほかの病原体の感染の場が、寄主体における限られた部位——組織・細胞——で一致しており相互に作用することが条件となる。症例の多くはこれに該当する。

(2) 併発性複合病 (Duplicate complex disease)

これは線虫とほかの病原体とはそれぞれ独自に寄主体に侵入し感染を起して発病に至らしめるが、その過程において両者の間に間接的ななんらかの相互作用を生じ、一方が他方の発病に変化をもたらす場合を指す。したがってこの場合は線虫とほかの病原体の感染の場が局限されず、また、同一の部位である必要もない。

(3) 不定性複合病 (Indefinite complex disease)

これはいわゆる不定性病害の一つに該当するが、もともと病原性のない土壌生息性の常在微生物群が、線虫の感染寄主——寄主特異性の弱まった植物体——に対して二次的に感染し、発病に変化をもたらす場合を指す。したがってこの場合に関与する土壌微生物は特定のものと限らず、また、感染の部位も局限されない。いわば線虫感染寄主体における生体分解過程の初期的な一局面を示すものといえる。

なお、それぞれのケースにおける症例は、前ページの図にその文献番号を付記しておいた。これらの類別は、内容を分かりやすくするための便宜的なもので、実際場面では相互に組み合わされた形で発病を左右するケースが少なくない。特に不定性複合病として扱われる範囲は、他のいずれの複合病の場合にも関係するものと考えべきであろう。

もう一方の線虫伝搬性の病気では、線虫によって運ばれた病原体が引き起こす病気のすべてを対象とする。このなかには線虫がほかの病原体を伝搬する形式として、経口伝搬(媒介)の場合と接触伝搬の場合が含まれ、これらは明確に区別することができる。前者は、いわゆる NEPO virus または NETU virus による多くの植物ウイルス病が主な対象となる。かつて桂⁽⁴⁾は、ダイコンの黒腐病菌 (*Xanthomonas campestris*) がネコブセンチュウにより経口的に伝搬されると報告したが、線虫の口針腔径が細菌の大きさよりはるかに狭いことから、その仮説は否定的である。なお、最近の研究で、ある種の自活性線虫が病原菌を経口的に運搬する知見が得られているが、その結果として病気が発生したという実証はいまのところない。後者は、線虫が病原体を体表に付着して持ち運び、それによって引き起こされる病気が対象となる

が、これには、寄主体の特定部位——特に穂——に線虫が病原体を運び込む定向的伝搬による場合と、単に病原体を分散させる分散的伝搬による場合とある。

以上のように線虫関連病の全体を複合病と線虫伝搬性関連病との二つに大別したが、すべての場合に両者が全く独立した無関係のものであるとはいえない。例えば、線虫が植物ウイルスを伝搬する——その場合わずか1頭の線虫でも植物ウイルス病を起こしうる——と同時に、線虫の生息密度が高い場合には、線虫自身による寄主植物に対する加害作用がウイルス病との間で影響し合うことになる。こうした場合は、線虫伝搬性の病気と複合病との二重機構によるケースとして扱わなければならない。

II 線虫関連病害の研究の動向

Helminthological abstracts (Vol. 40 (1971) ~44 (1975)) に採録された線虫関連病害関係の報告数(原著論文のほか総説または解説記事、学会発表要旨など含む)は、最近5年間で300編を越え、そのほぼ50%が菌類病関係、40%がウイルス病関係、残り10%が細菌病関係で占められている。以下最近の研究を中心に幾つかを拾って解説する。なお、フザリウム病については、別項で扱うのでここでは触れない。

1 菌類病

菌類病関係にみられる最近の傾向として、根腐れ性の土壌病害と線虫との関連が多く扱われるようになった。中でも *Rhizoctonia solani*, *Pythium* spp. のほか、腐生性の土壌生息菌の問題が指摘されている。また、*Verticillium* spp. の病害に関する研究も多い。

GOLDEN ら⁽⁵⁾ は、トマト、オクラにおけるネコブセンチュウ (*M. incognita*) と *Rhizoctonia solani* との複合病を精細に研究した。寄主植物の根に形成した根こぶ組織は *R. solani* に極めて侵されやすくなり、線虫の寄生後4~5週間で菌による根腐れが起こるのを認めている。その場合リゾクトニア菌は表皮から直接か、あるいは雌成虫の発育に伴うき裂部から組織内に侵入し、巨大細胞や維管束細胞に増殖する。また、根こぶのついた根面を半透性セロファン膜で覆い、その上から菌を接触させた実験で、リゾクトニア菌が根こぶ組織に特異的に誘引され、根こぶの部位に接して菌核が形成されるのを観察し、根こぶ組織から栄養物質が漏出する可能性を指摘している。*R. solani* や *Pythium ultimum* は、タバコに対して稚苗期以外は病原性を示さず、栽培は場ではそれほど重要な菌ではないとされているが、タバコに *M. incognita* が寄生すると、これらは寄主体の根に根腐れ症状を呈し、生

育の進んだタバコにも明らかに障害を起こさせることが認められている。同じく、タバコにおける *M. incognita* との複合病として、*Curvularia trifolii*, *Botrytis cinerea*, *Aspergillus ochraceus*, *Penicillium martensii*, *Trichoderma hargianum* など数種土壌菌が、既に形成された根こぶ組織に対して二次的に感染し、それぞれ根腐れ障害をもたらすことが報告されている。

以上あげた糸状菌とネコブセンチュウとによる複合病は、いずれも線虫が寄生した後に糸状菌の寄生が起こり、根腐れ症状を呈するものだが、これらの菌は病因の面からみて種類によってそれぞれ性質を異にする。例えばトマトやタバコの根こぶ組織に侵入する *R. solani*, *Pythium ultimum* は、それ自体病原菌として独自に感染する能力をもち、寄主体の抵抗力の強弱に応じて感染が抑制されると思われるが、タバコの根こぶ組織に侵入する *Curvularia* 以下数種の土壌菌は、いわば二次的病原（不定性病原）であり、根こぶ組織の分解者として特殊な一面が表に現れたものと考えられる。したがってそれらの病因としての差異を、さきにあげた複合病の類別に当てはめて考えると、前者は真正複合病、後者は不定性複合病として扱われる。

Verticillium spp. の病害とネグサレセンチュウとの synergistic な関連はよく知られているが、ネコブセンチュウとの関連は必ずしも一致した結果が得られていない。ワタでは、*V. albo-atrum* と *M. incognita* var. *acrita* との関連で萎ちょう病の発病が助長されたが、トマトでは、同菌と *M. incognita* との接種により発病の増大は認められていない。寄主植物の差異または実験条件の相違と考えられる面もあり、今後の研究課題の一つである。MILLER¹⁸⁾ は、トマトにおいて *Heterodera tabacum* と *V. albo-atrum* との関連を *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* の場合と対比して実験を行い、*Verticillium* 萎ちょう病の発病が増大し、*Fusarium* 萎ちょう病の発病傾向と相違することを明らかにした。

最近の興味深い知見の一例として、針葉樹などの菌根を媒体とした線虫と菌類病との関連がある。Shortleaf pine の健全な菌根（内生・外生）に *Tylenchorhynchus claytoni* または *Helicotylenchus dihystra* が加害することにより *Phytophthora cinnamomi* の感染が起こりやすくなる。

2 細菌病

細菌病関係でも 2, 3 新たな関連病害の知見が得られている。

アメリカカリフォルニアでモモ園の *Pseudomonas syringae* による Bacterial canker が問題となり、その発病が、

Criconemoides xenoplax の加害で増大することが明らかとなった。スモモでもそれと同じ病害が接種実験で確認されている。また、Rieger begonia の葉に発生する細菌斑点病 (*Xanthomonas begoniae*) と *Aphelenchoides fragariae* (イチゴメセンチュウ)、トマトのかいよう病 (*Corynebacterium michiganense*) と *Meloidogyne incognita*, グラジオラスの首腐病 (*Pseudomonas marginata*) と *Meloidogyne javanica* との関連などもいまだ知られていない新たな事例である。更に最近では根頭がん腫病 (*Agrobacterium tumefaciens*) と *Meloidogyne* spp. との関連する研究事例が増えており、今後ますます問題になりそうである。

3 ウイルス病

線虫とウイルス病との関係についての大多数の報告は線虫によってウイルスが伝搬される場合であり、新たな NEPO virus の知見も含めて種々の問題が取りあげられている。我が国でも、近年アスター黄色輪紋病を起こす Tobacco rattle virus が *Trichodorus minor** により、スイセンから分離された Tomato ringspot virus が *Xiphinema americanum* により、同じく Arabis mosaic virus が *X. bakeri** により、また、クワに輪紋症状を起こす mulberry ringspot virus が *Longidorus martini** により伝搬されることが実証されている (* はウイルスの媒介線虫として我が国で初めて確認されたもの)。小室¹⁶⁾ は、これらに加えて、イチゴについて現在我が国では発生が知られていないが、将来問題となる可能性のある幾つかのウイルスを指摘している。また、ウイルスが媒介線虫によって伝搬される条件の検討や、伝搬機構の鍵となる線虫体内でのウイルス粒子の所在について電顕観察による究明も盛んに行われている。

ところで、上述した線虫によるウイルス伝搬とは別の問題として、線虫とウイルスとの複合病に対する関心が高まりつつある。この場合の線虫とウイルスとの組み合わせは、例えば *Meloidogyne* spp. と Tobacco mosaic virus とか、*Ditylenchus dipsaci* (クキセンチュウ) と Cucumber mosaic virus とか、*Meloidogyne incognita* (サツマイモネコブセンチュウ) と Arabis mosaic virus というような、双方とも極めて分布の広い普遍的な種類同志が多く、したがってそれらによる被害発生のおきも高いと考えられ、重要な課題として注目される。飯田¹²⁾ は、トマトを用いた実験で根に *M. incognita* の幼虫を接種し、一方、葉に TMV (トマト系) を汁液接種した場合、葉に TMV 接種のみの場合と比べて頂葉部におけるウイルスの増殖のピークがより早く現れ、逆に根へのウイルスの移行が遅れる現象を認めた。更に線虫と TMV の双方を土壌中に接種した場合は、TMV 単独接種したも

のに比べて、ウイルスの頂葉部への移行が明らかに抑制される事実を明らかにした。このことは *M. incognita* の寄生によって生ずる植物体の生化学的ならびに生理的变化がウイルスの感染に顕著な作用を及ぼすことを示唆している。

III 線虫とフザリウム病との関連性

線虫とフザリウム病との関係は、長い研究の歴史を経た今日もなお大きな関心と呼んでいる。この問題については、既に河村ら¹⁵⁾によって本誌第22巻第10号(1968)で紹介されており、また、1974年に開かれた第7回土壤伝染病談話会でも取り上げられているのでそれらの資料を併せて参照されたい^{10, 23)}。

線虫との関連におけるフザリウム病の中心話題は、いうまでもなく各種の作物で問題となっているネコブセンチュウとフザリウム萎ちょう病 (*F. oxysporum* type の病原菌によるもの)との複合病である。この複合病の特徴は、寄主植物に対するネコブセンチュウの寄生様式とフザリウム菌の感染機構とを通じて、極めて密接な相互作用がみられることである。このことは次のことから明らかである。つまりネコブセンチュウが寄生した植物体の病変組織、なかでも線虫の栄養摂取の場となる巨大細胞をはじめその周辺の柔組織や維管束部で、他から侵入したフザリウム菌が旺盛に生育し、そのために寄主体内での菌による感染の拡大がより激しく起こるといふ、線虫と菌との synergistic な混合感染の様態がみられている。このように、フザリウム菌にとって有利な形で混合感染が起こる要因としては、ネコブセンチュウが寄生した植物体での生化学的変化の結果として生じた体内物質の異常集積が、菌の生育に影響するものと考えられている。しかもそうした寄主体内の生化学的変化は、体外の根圏微生物相にも影響してますますフザリウム菌の増殖を促すことになる。

次に寄主体へのフザリウム菌の侵入経路も、線虫との混合感染の成立に直接関係する重要な要因である。フザリウム菌は、単独でも寄主体に侵入するが、寄主体に傷があればそれを侵入門戸として利用する。そこで線虫の侵入経路とのつながりが問題になるが、ネコブセンチュウの場合、寄主体への侵入は普通根の先端付近に限られ、それはフザリウム菌が単独で健全根に侵入する部位とほぼ共通している。線虫は寄主体侵入後、組織的に未発達を中心柱に接近して定着すると直ちに巨大細胞を形成するとともに、細胞の異常肥大と増生を起こさせ、維管束系組織の正常な発達を阻害する。その場合線虫の侵入が短時間内に多数集中すれば、根端部組織は局部的に ne-

crosis を呈し、そこで初めて菌の侵入を可能にする場を提供することになる。いったん菌の侵入が起これば、菌は破壊された組織内で増殖し、直接道管内にまん延して感染の進展をもたらす。このような侵入経路をたどるケースがたとえ偶発的に起こるとしても、線虫との混合感染の進展に大きな役割を果たすことは間違いない。そのほかの菌の侵入経路としては、生理的变化を起こした根こぶ組織に対する表皮侵入の可否が論議されている。

ところで、ネコブセンチュウとフザリウム萎ちょう病との関連において、実際栽培上憂慮される問題点は、これまでに種々の作物で指摘されてきたフザリウム抵抗性の破壊現象である。各種作物のフザリウム抵抗性品種の中には、抵抗性の程度に強弱の幅があり、それらの品種にネコブセンチュウが寄生した場合に、どの範囲で抵抗性が破壊されるかに注目しなければならない。既往の事例をみる限りでは、作物のフザリウム抵抗性品種のすべてがネコブセンチュウの寄生によってその特性が損なわれるわけではない。その一例として、トマトの18品種を用いて行った萎ちょう病に対する品種比較試験の結果を下表に示す。

試験は、殺菌土を入れた直径15cmの素焼鉢で、草丈約10cmの各品種のトマト苗に、サツマイモネコブセンチュウ (*M. incognita*) の幼虫を1鉢当たり10,000頭、萎ちょう病菌 (*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*) の孢子け

ネコブセンチュウを接種したトマト苗における
萎ちょう病発現の品種間差異

供試品種	菌単独接種		菌+線虫接種		
	萎ちょう 指数	道管 変異 指数	萎ちょう 指数	道管 褐変 指数	ゴー ル指 数
	%	%	%	%	
松戸ボンデローザ	10.8	22.4	76.7	91.7	4.0
王様福寿2号	8.3	6.7	83.8	75.8	3.6
王福寿2号	10.7	13.4	78.3	72.3	3.5
新豊玉2号	7.5	22.5	82.5	90.0	3.3
東光K	7.5	13.3	80.0	83.3	3.6
ひかり	14.2	20.5	85.5	80.0	3.6
世界一	16.7	16.7	75.8	85.0	3.7
米寿	4.2	11.7	60.8	69.1	3.8
栗原	0	15.0	93.3	95.0	4.0
ハウスほまれ	0	10.0	68.3	78.3	3.6
栄冠	0	5.0	93.3	96.7	4.0
豊年	0	0	59.2	67.5	3.2
豊麗	0	0	70.0	80.0	3.6
夏ひかり	0	0	68.1	72.2	3.5
興津1号	0	0	0	0	3.6
豊強	0	0	5.0	22.5	3.4
力東	0	0	0	0	0.1
黒がね	0	0	2.5	0	0.1

注 線虫・菌接種30日後の調査結果

ん濁液 ($8 \times 10^6/\text{ml}$) を 1 鉢当たり 30 ml 灌注接種してその後の萎ちょう病の発病を調べた。これをみて分かるように、菌単独接種によって軽度の萎ちょう病の発病がみられたフザリウム感受性品種は線虫寄生によっていずれも顕著に発病が助長され、フザリウムに対する感受性は一層高められた。一方、菌単独では萎ちょう病の発病がみられなかったフザリウム抵抗性品種では、線虫寄生によって萎ちょう病が激発し、フザリウム抵抗性が破壊される場合と、線虫が寄生しても萎ちょう病の発病が全く認められないか、またはごくわずかに発病しただけで、フザリウム抵抗性がほとんど損なわれない場合があって、両者に明瞭な差が認められた。なお、黒がね (台木用)、強力東光の 2 品種はフザリウムとネコブセンチュウの複合抵抗性品種であり、根のゴール形成は他の品種と比べて極度に抑制された。

FASSULIOTIS ら⁴⁾ は、キャベツにおけるネコブセンチュウ寄生によるフザリウム抵抗性破壊現象の差異について、抵抗性が量的に低下する型 (弱抵抗性の場合) と抵抗性が質的に変わらない型 (強抵抗性の場合) の二つの型を想定しているが、トマトの場合にもこの考え方を当てはめることができよう。

このように、作物のフザリウム抵抗性に及ぼすネコブセンチュウの作用は、無差別にそれを破壊しうるものではなく、その作用が及ばない限界のあることが明らかである。したがって今後は、線虫の作用が及ばないような強力抵抗性品種を初めから育種素材として利用することが望まれる。しかし、そのためには、まず線虫及び菌の種、系統そのものを十分に確認する必要がある、このことは必ずしも簡単な仕事ではない。このように考えるとむしろ、個々の作物についてネコブセンチュウ抵抗性を先に導入することがより近道であるとも考えられる。

以上ネコブセンチュウとの関連におけるフザリウム萎ちょう病について述べたが、それと対比されるネグサレセンチュウ (*Pratylenchus* spp.) とフザリウム萎ちょう病との関連にも簡単に触れておこう。この類の複合病は、前述のネコブセンチュウの場合に比べ報告事例がはるかに少ない。研究が遅れていることもあるが、機能的にネグサレセンチュウとの関連でフザリウム萎ちょう病が激発する機会はさほど多くはないように思われる。

トマトに対してネグサレセンチュウ (*P. coffeae*, *P. penetrans*) と萎ちょう病菌とを同時接種した実験では、線虫不在のときよりも萎ちょう病の発病が明らかに増大するが、その経過は比較的緩慢で、ネコブセンチュウの場合とはかなり異なった傾向を示した。トマト幼根を用いたペトリ皿内の実験で、両者による感染初期の病斑形

成の経過をみると、線虫と菌混合接種と線虫の単独接種とでは、接種後 12 日間の皮層組織での病斑の大きさ、進展の速さ、necrosis の状態に差異が認められなかった。一方、菌単独で有傷接種すると、線虫単独による病斑以上に感染が進む傾向があった。そこでそれら病斑部の切片を作製して観察すると、フザリウム菌による感染は、線虫の加害によって生じた皮層組織内の病変細胞に局限されており、病斑周囲の健全皮層組織への菌糸のまん延はみられず、もちろん根の維管束系組織に感染が進展することもない。これらの所見から考えると、ネグサレセンチュウが形成する皮層組織での新しい壊死病斑は、フザリウム菌の侵入門戸にはなっても菌の初期感染を拡大する場とはならず、むしろ菌に対して抵抗的であると推察される。したがって鉢などの接種実験で萎ちょう病の発病が助長されるのは、線虫による加害が著しく進展した場合または高密度の線虫が接種された場合にたまたま維管束系組織にまで病斑が広がり、そこに菌の感染が起こったためであろう。エンドウに対する接種実験では、萎ちょう病 (*F. oxysporum* f. sp. *pisi* race 3) の発病が *P. penetrans* (キタネグサレセンチュウ) の接種量を増すにつれて増大し、それと平行して主根中の菌量も増え、菌の侵入個所が根全体に広がる傾向のあることが認められている。

フザリウム萎ちょう病抵抗性品種に及ぼす線虫の影響は、上述のとおりネコブセンチュウの場合に関心が集中しており、ネグサレセンチュウにおける事例はまれである。OYEKAN ら¹⁹⁾ はエンドウ萎ちょう病 (*F. oxysporum* f. sp. *pisi* race 1) の抵抗性品種 Wisconsin Perfection を用いて *P. penetrans* の寄生がフザリウム抵抗性に及ぼす影響を調べたところ、菌接種 3 日後で萎ちょう病が発病し、感受性に変わったと報告している。この実験例はネグサレセンチュウがフザリウム抵抗性を破壊する可能性を初めて示唆したものである。

フザリウム病の中には、萎ちょう病のほかに *F. solani* や *F. moniliforme*, *F. roseum* などによる根腐れ症状または生育不良を呈する病害があり、それらと線虫との関連もさまざまなケースがある。インゲンの根腐れ病 (*F. solani* f. sp. *phaseoli*) は *P. penetrans* や *Meloidogyne* spp. の寄生により、低密度の菌接種でも発病の増大が目立つが、病状の激しさには影響はない。その場合線虫の感染が寄主植物の根周辺あるいは胚軸部での菌の活性——胞子の発芽、寄主体侵入——に間接的な作用を及ぼす可能性について論議されている。また、このような根腐れ症状を伴う病害の場合には、フザリウム菌以外の二次的病原が関与する機会が多いために、不定性複合病と

しての性状を呈するケースが少なくない。

引 用 文 献

- 1) ATANASOFF, D. (1925) : *Phytopath.* 15 : 11~40.
- 2) BARKER, K. R. (1972) : *ibid.* 62 : 801.
- 3) BERGLSON, G. B. (1972) : *Expl Parasit.* 32 : 301~314.
- 4) FASSULIOTIS, G. & RAU, G. J. (1969) : *J. Nematol.* 1 : 219~222.
- 5) 福留信明・福田陸男 (1970) : *日植病報* 36 : 345.
- 6) GOLDEN, J. K. & VAN GUNDY, S. D. (1975) : *Phytopath.* 65 : 265~273.
- 7) GUPTA, P. & SWARUP, G. (1972) : *Nematologica* 18 : 320~324.
- 8) HAWN, E. J. (1963) : *ibid.* 9 : 65~68.
- 9) ——— (1971) : *J. Nematol.* 3 : 420~421.
- 10) 平野和弥 (1973) : *日線研会誌* 3 : 1~8.
- 11) ——— (1974) : 第7回土壌伝染病談話会資料 51~56.
- 12) 飯田 滋ら (1974) : *日植病報* 40 : 203.
- 13) 稲垣春郎 (1965) : *植物防疫* 19 : 9~16.
- 14) 桂 琦一 (1962) : *関西病虫害研報* 4 : 47~49.
- 15) 河村貞之助・平野和弥 (1968) : *植物防疫* 22 :

421~426.

- 16) 小室康雄 (1972) : 第6回土壌伝染病談話会資料.
- 17) MAYOL, P. S. & BERGESON, G. B. (1970) : *J. Nematol.* 2 : 80~83.
- 18) MILLER, P. M. (1975) : *Phytopath.* 65 : 81~82.
- 19) OYEKAN, P. O. & MITCHELL, J. E. (1971) : *Pl. Dis Reptr* 55 : 1032~1035.
- 20) PITCHER, R. S. (1965) : *Helminth. Abstr.* 34 : 1~17.
- 21) POWELL, N. T. (1971) : *Plant Parasitic Nematodes Vol. 2* (ed. ZUCKERMAN, B. M. et al.) Academic Press, 119~136.
- 22) ——— et al. (1971) : *Phytopath.* 61 : 1332~1337.
- 23) 下長根 鴻 (1974) : 第7回土壌伝染病談話会資料 45~50.
- 24) TAYLOR, C. E. (1971) : *Plant Parasitic Nematodes Vol. 2* (ed. ZUCKERMAN, B. M. et al.) Academic Press. 185~211.

(引用文献は本文中で氏名を記したもの及び図の中で番号を付したもののだけあげ、他は省略した)

人 事 消 息

森田健二氏 (農蚕園芸局畑作振興課) は農蚕園芸局植物防疫課へ

富士野 力氏 (同上局蚕業課課長補佐) は同上局蚕業課長に

杉原 饒氏 (同上課長) は退職

佐藤 稔氏 (門司植物防疫所鹿児島支所名瀬出張所長)

は門司植物防疫所鹿児島支所長に

小林宏義氏 (同上所鹿児島支所長) は退職

大塚幹雄氏 (農林水産技術会議事務局研究管理官) は農林水産技術会議事務局調査資料課長に

宮戸喜三郎氏 (同上局調査資料課長) は退職

松山宣明氏 (農技研病理昆虫部糸状菌病第2研究室主任研究官) は九州大学農学部植物病理学研究室へ

今村三郎氏 (全農本所肥料農薬部技術普及室長) は全農本所肥料農薬部技術普及室長に

豊福哲男氏 (全国農協中央会出向副審査役) は同上部総合課副審査役に

岡部次雄氏 (全農札幌支所総合室長) は同上部農薬課審査役に

原田尚一氏 (同上大阪支所肥料農薬部農薬課長) は同上課副審査役に

藤田之彦氏 (同上本所肥料農薬部農薬課) は同上課調査役に

森田美智雄氏 (同上本所監事室) は同上部事務課長に

橋田正明氏 (同上東京支所飼料畜産部中央畜産センター立川事業所総務課長) は同上課調査役に

上島俊治氏 (同上本所肥料農薬部技術普及室審査役) は

全農本所肥料農薬部技術普及室長に

及川甲子郎氏 (農林省近畿農政局次長) は同上室技術主管に

若島佑作氏 (全農本所肥料農薬部総合課調査役) は同上本所総合企画部組織課調査役に

田中文隆氏 (同上部技術普及室審査役) は同上農業技術センター肥料農薬研究部審査役に

会田重道氏 (同上農業技術センター肥料農薬研究部) は同上部調査役に

村尾龍彦氏 (同上名古屋支所肥料農薬部農薬課調査役)

は同上東京支所肥料農薬部営農対策課調査役に

四ノ宮孝義氏 (同上東京支所肥料農薬部農薬課) は同上部農薬課調査役に

井手基雄氏 (同上大阪支所肥料農薬部農薬課) は同上名古屋支所肥料農薬部農薬課調査役に

小川宏次氏 (同上東京支所肥料農薬部農薬課調査役) は同上大阪支所肥料農薬部農薬課長に

大橋正紀氏 (同上大阪支所肥料農薬部肥料課) は同上課調査役に

河原弘司氏 (同上本所肥料農薬部事務課長) は株式会社全農計算センターへ

茨城県植物防疫協会の住所は住居表示変更に伴い、茨城県水戸市白梅2の1の11に変更。郵便番号は310と従来どおり

イハラケミカル工業株式会社本社は東京都台東区池之端1の4の26 (クミアイ化学工業ビル) [郵便番号110] へ移転。電話は東京 03-828-6181 番と変更

線虫を捕食する菌類

農林省農業技術研究所 みつ い やすし
三 井 康

線虫の天敵として知られている細菌、糸状菌、孢子虫類（原生動物）、プラナリヤ、捕食性線虫、緩歩類、ダニ、トビムシなどのうち、最も研究がなされたのは、糸状菌である。細菌では自活性線虫の体表皮を溶解する種類として *Pseudomonas* 属のものが多く、*Bacillus turingensis* が産生する毒素はネコブセンチュウに対し殺虫効果を有することなどが知られているに過ぎない。線虫に寄生する糸状菌を線虫捕食菌と呼んでいるが、これらの菌のほとんどが不完全菌の *Hyphomycetes* に属している。線虫捕食菌が発見されて以来約 100 年経過したが、この間に 100 種をこえる菌が発見されている。1964 年には検索表が作られているが¹⁰⁾、その後“捕捉菌”(後述)では新属が設けられ分類が再編された^{9,36)}。捕食菌の総説及び解説は多数あるが、近年のものでは DUDDINGTON¹¹⁾、田村³⁴⁾、三井²⁶⁾らによるものがあり、その実験書（土壤微生物実験法、養賢堂）もある。

I 捕食菌の種類とその性質

捕食菌は線虫への寄生様式によって次の二つの群に大別される。①菌糸上に線虫を捕捉するための特殊な器官を作り、捕捉後、線虫の表皮から菌糸が侵入するもの（捕捉菌）、②菌糸上には特殊な器官を作らず、孢子が線虫の表皮に付着したり食道に入って発芽し、虫体内で増殖するもの（内部寄生菌）。

内部寄生菌には *Harposporium*（口絵写真①）、*Nematotonus*、*Catenaria*、*Verticillium* などのほか多数の属が知られている。これらの孢子は線虫に飲み込まれて腸から寄生する例が多いが、口針を有している植物寄生線虫への寄生は *Nematotonus* や *Catenaria* 以外ではごくまれにしか認められない。この群は培養が困難だったことや生育が遅いことなどからこれまで研究が進まなかったが、最近では、*Nematotonus* の孢子が線虫を摩酔、あるいは殺す物質を分泌することや¹⁹⁾、*Verticillium*、*Phialophora*、*Cylindrocarpum* などがシストセンチュウの卵に寄生すること^{4,37)}なども知られ、生理・生態的には興味ある群と思われる。藻菌類の *Catenaria* は線虫体内に遊走子のうを作り線虫の体表皮特に開孔部に付着後侵入し、寄生性線虫の 28 種に寄生することが認められ、特にワセンチュウへの寄生様式が詳細に研究されている¹³⁾。しかし、線虫防除に応用した実験例では、その効果はあま

り高くないようである³²⁾。捕食菌の分離の際によく検出される藻菌類で、菌糸上のある部分に線虫を捕捉する粘着質を出す未同定種もある（口絵写真②）。

捕捉菌はその捕捉器官の形により次の 5 群に分けることができる。

(1) 球形成菌：分枝した菌糸の 2~3 個の細胞先端に粘着性物質を出す球を形成する群。この群には *Monacrosporium ellipsosporum*（口絵写真③、④）、*M. parvicollis*、*Dactylella asthenopaga*、*Canderabrella haptotyla* などがあり、線虫のいない培地上でも捕捉器官をしばしば気中にも形成し、線虫の存在下で発芽した孢子は捕捉器官を形成する（口絵写真⑤）。

(2) 平面的な網形成菌：分枝して平面的な粘着性の網を形成する種類で、*Monacrosporium cinopagum*（口絵写真③）、*M. gephyropagum* などがある。*in vitro* の試験では *M. ellipsosporum* と同様にネグサレセンチュウをよく捕捉する。

(3) 立体的な網形成菌：多くの種類がこの捕捉器官を形成し、*Arthrobotrys oligospora*（口絵写真⑥、⑦、⑧）、*A. conoides*、*A. robusta*、*C. musiformis*、*Genicularia eudermata* などがある。粘着性物質の存在は走査電顕でも確かめられ、また、捕捉器官を形成した培地上に殺線虫物質を産出する。この群は分離株により線虫存在下でも捕捉器官形成にかなりの差が認められる。

(4) 収縮する環形成菌：菌糸上に有柄の収縮する環を形成するもの。*A. dactyloides*（口絵写真⑨、⑩、⑪）、*D. brochopaga*、*M. doedycoides* などがある。線虫添加により捕捉器官の形成が顕著になる。3 個の細胞からなる環は線虫あるいはガラス棒などによる機械的刺激、あるいは温度、アセチルコリン (10^{-4} mg/ml)²²⁾ などで収縮する。収縮する速度は 0.5 秒前後であり、培地の浸透圧を高めると収縮速度が遅くなる。

(5) 収縮しない環形成菌：粘着性の球を形成するものとしいないものがある。前者に *C. candida*（口絵写真⑪）、後者に *M. leptosporum* がある。環は容易に菌糸から離れるので、この環を体にはめた線虫が分離培地上を動いているのがみられる。

II 培養

内部寄生菌の *Nematotonus*、*Harposporium* 及び捕捉

菌はトウモロコシ煎汁培地、ジャガイモ煎汁培地、あるいはビタミン類を添加した合成培地で培養できる。合成培地上での *H. anguillulae* の生育は炭素源としてグリコーゲンが適しており、アミノ酸やタンパクをも炭素源として利用する。窒素源としてはアンモニウム塩や種々の有機態窒素をよく利用する。ビタミン類ではチアミンで生育が促進される。*N. concurrens* と *N. haptocladus* の孢子形成の適温は 20°C、最適 pH は前者は pH 6.0、後者は pH 8.0、また、炭素源及び窒素源の影響は両種間でかなり異なっている¹⁷⁾。

捕捉菌の栄養要求については内部寄生菌よりも研究が進んでおり、糖類ではブドウ糖、マルトース、ショ糖など、有機態窒素としてはアスパラギン、アラニン、無機態窒素ではアンモニウム塩、硝酸塩などを利用する³¹⁾。ビタミン類ではチアミン、ビオチン、微量元素として Zn などにより生育が促進される³⁴⁾。一般に網形成菌は多糖類、亜硝酸塩なども利用できるが、環形成菌はこれらの利用は劣る⁸⁾。

菌糸伸長速度は網形成菌が最も早く、次いで球形形成菌であり、環形成菌が最も遅い。培地の pH に対しては生育の速い網形成菌では適応が広く (pH 4~8)、生育の遅い環形成菌は低い pH で適するという報告もあるが、クエン酸・第 2 リン酸緩衝液で調整した培地での実験では、網形成菌は pH 4.2 と pH 7.0 に山がみられるが、球形形成菌と環形成菌では pH 4.2 のみが最適であった²⁵⁾。捕捉器官形成に及ぼす pH の影響は、菌糸の伸長とほぼ対応する。生育適温は多くの捕食菌で 25°C 前後であるが、*Aphelenchus* を接種した場合の捕捉活性は生育適温より低いところで高いことが知られている¹⁵⁾。

III 捕捉器官形成要因

多くの捕捉菌の捕捉器官形成は純粋培地上ではまれにしか認められず、線虫、線虫遊出水、血清、土壤動物などの刺激により多数形成される。捕捉器官形成刺激物質は PRAMER らにより“Nemin”と命名され、*Arthrobotrys conoides* を用いて一連の研究がなされた。ブタの回虫の活性物質の純化の結果、単一アミノ酸か低分子量のペプチドであろうと推定され、その後、酵母抽出液中に活性が認められることからその成分を分析し、バリニに活性があることを示し、*A. conoides* によるバリンの代謝も研究されている²⁰⁾。一方、*A. oligospora* の網形成刺激物質については NORDBLING-HERTZ²⁹⁾ がカゼインの酵素分解物のペプチドを分析し、20種のアミノ酸と 7 種のペプチドのうちバリンが結合したペプチドの活性が高く、また、非極性の芳香族アミノ酸の重要性も指摘している。

Panagrellus redivivus より抽出した捕捉器官形成誘引物質が捕捉器官の形の異なる 4 種の *Monacrosporium* に対して示す活性は、菌の種類により異なり、*M. cinopagus* で最も活性が高く、*M. drechsleri* と *M. bembicoides* は中間であった。また、この物質は 100°C で不活性化されることから、PRAMER らの Nemin とは異なるので内生 Nemin (Endogenous-Nemin) と名づけられている¹⁴⁾。捕捉器官形成誘引物質の捕捉菌に対する作用は系統だった研究がなく、捕捉菌全般に同一物質が作用するのか、なぜ捕捉菌の種類により活性が異なるのか、などは不明である。

純粋培地上で線虫が存在しなくても捕捉器官が形成される条件の解明が *A. dactyloides* と *M. bembicoides* を材料として行われている。捕捉環の形成がガラス面との接触刺激で促進され、また、培地の栄養欠亡などで起こるとの指摘もあるが、一方、必ずしも栄養欠亡などによる生育抑制の結果ではないとも言われている。

捕捉器官形成における系統の存在は *A. oligospora*, *A. dactyloides*, *M. doedycoides* などよく知られている。後者ではヘテロカリオーシスにより捕捉環の形成が説明されている。その他の種類でも系統の存在は十分に考えられるので利用の場面では考慮する必要がある。

捕捉器官形成における線虫の種類による差異は食性の異なる 3 種の線虫 (*Rhabditis*, *Aphelenchus*, *Heterodera*) 間では認められなかったが³⁴⁾、捕食活性 (線虫密度の減少) では線虫の種類間 (*Aphelenchus*, *Neotylenchus*) で差異が認められている²⁸⁾。捕捉器官形成に差がなくても捕食活性に差異が認められるのは、線虫の食性、運動量、形態の大きさなどの影響と考えられている。

IV 活 性

土壤中の捕食菌が線虫の密度に影響を及ぼすには、菌自体の密度もさることながら、内部寄生菌では孢子の形成、発芽、捕捉菌では捕捉器官の形成がまず前提である。したがって捕食菌が土壤から検出される量とその捕食活性とは厳密には区別されなければならない。

土壤中の活性を調べる方法として、寒天を載せたスライドグラスを土壤中に一定期間埋め、寒天に形成された捕捉器官数を数える方法⁶⁾、蛍光色素で染色した孢子を数えたり蛍光抗体法を利用する方法¹²⁾、土壤に密着させたろ紙あるいはセロハン膜上に接種した孢子の発育を一定期間後に取り出して検鏡する方法などが用いられる⁸⁾。

栄養源の種類により捕捉活性が異なり、菌糸増殖と捕捉活性とは必ずしも一致しないことが、*A. oligospora* と

A. robusta で知られており²¹⁾、また、捕捉菌の増殖は線虫捕食によって促進されない²⁸⁾。

カンラン葉やシロ糖を土壤に添加すると捕捉活性が高まるが、線虫密度の山の出現より先に活性が低下すること、また、線虫のみを接種した殺菌土壤では接種した捕捉菌の活性がみられなかったことなどから、捕捉活性と線虫密度との間に単純な平衡関係がないことが知られている⁵⁾。土壤に接種した捕捉菌の活性は 3~5 週間持続する。腐生能力の強い菌（生育の速い菌）は捕捉活性が低く線虫密度を下げないが、腐生能力の弱い菌（生育の遅い菌）は捕捉器官をよく形成し、線虫密度を低下させる⁶⁾。土壤中の有機物の分解過程に応じて優勢な菌が交替して出現することはよく知られているが、捕捉菌の間でも同様な現象が認められている。シロ糖を添加した土壤での土着の捕捉菌の活性はまず立体的網形成菌が優勢になり、次いで特別な捕捉器官を作らない菌、最後に平面的な網を形成する菌の順に優勢種が交替する⁶⁾。アマ茎にコロナイズする捕捉菌は初期には特別な捕捉器官を作らない菌、次いで立体的網形成菌、2 か月後になると環及び球形形成菌が優勢種になってくる²⁵⁾。

立体的網形成菌の捕捉活性が弱い理由は土壤中の静菌作用で説明することができる。土壤中に分生胞子を分散させた寒天を埋めると、分生胞子の発芽は菌種間で差が認められず大部分の菌で 100% 発芽したが、捕捉器官の形成は立体的網形成菌ではほとんどみられず、球形形成菌と環形成菌では 80% 近く形成される⁷⁾。更に土壤中に埋めたる紙上での胞子の発芽、菌糸伸長、捕捉器官形成などを殺菌土壤と比較してみると、胞子発芽抑制と菌糸伸長抑制では捕捉器官の形からみた種類間には一定の傾向がみられなかったが、捕捉器官が形成されたものは球及び環形成菌のみで、立体的網形成菌では捕捉器官が形成されなかった⁸⁾。捕捉菌に対する静菌物質の研究はほとんど行われていないが、環形成を特異的に阻害する物質として RNA 合成阻害剤である 6-メチルプリンやタンパク合成阻害剤である 5-フルオロウラシル、*p*-フルオロフェニルアラニンなどが知られている。

分生胞子の発芽は土壤の種類、熱や乾燥処理、有機物添加などによって変化し、また、拮抗菌として *Pennicillium* spp., *Aspergillus terreus*, *Bacillus* sp.²³⁾, *Tricoderma*, *Gliocladium*²⁵⁾ などが知られ、更に地域により捕捉菌の分布が異なること（小林ら、未発表）などから、土壤中の捕捉菌に対する拮抗作用もまた土壤の種類や条件、地域によって異なるものと推定される。

内部寄生菌 (*Nematoconus*) の *Aphelenchus* 密度の抑制は、殺菌土壤では認められるが、非殺菌土壤では、胞子

の発芽抑制と菌糸の溶菌現象のため十分な効果を発揮しない¹⁸⁾。

線虫の捕捉は単なる機会的なものではなく、捕捉器官には線虫を誘引する物質が存在することが、*M. doedycoides* と *C. musiformis* で知られている。更に物理的に捕捉するのみでなく、*A. oligospora* では線虫を捕捉した培地中に線虫を摩酔あるいは殺すエタノール可溶の物質を¹⁶⁾、*A. dactyloides* はアンモニアを産生し、殺線虫作用を有するといわれている²⁾。

V 分 布

内部寄生菌は、抗生物質とダイセンを添加した分離培地に捕食菌の感染をうけた線虫を入ると捕食菌のみが生育する¹⁾。BARRON³⁾ は内部寄生菌の胞子の形態が小さいことを利用して遠心浮遊法で *Nematoconus*, *Harpoporium*, *Meria*, *Verticillium* などに属する 10 種を分離しているが、この方法を用いて分離した内部寄生菌の新種が近年多数報告されている。しかし、系統的な分布調査はほとんど行われていない。国内では三浦より新属、新種を含め 6 属 7 種が報告されている²⁷⁾。

捕捉菌は土壤中の有機物や土壤懸濁液を酸性にした低栄養源の培地上に置き、線虫を添加して 1~4 週後に検鏡すると容易に検出される。

捕食菌の分布はコスモポリタンであり、森林、果樹園、農地などの土壤のほか、朽木、水中、地上部の線虫寄生菜などからも検出され、海外でも多くの報告がある³⁴⁾。

国内での分布は農地、モモ園、カンキツ園での報告があり 10 種が確認されている²⁵⁾。農地では立体的な網を作る菌の分布が広く、かつ検出頻度も高く、次いで収縮する環、粘着性の球を作る菌の順に分布、検出頻度が低下する。果樹園の土壤では農地よりも球形形成菌の検出頻度が高い傾向がみられた。カンキツ園から *M. cinopagum* が検出され、モモ園からは検出されず、その他の菌は未同定種も含め 11 種が両園からともに検出された。林地の捕食菌には樹種による差は確認されていないが、地域によっては農地の種類と異なっている。静岡県下のハウス土壤の分布調査では地域による差異が認められている（小林ら、未発表）。

ラッカセイ連作ほ場での堆肥施用による捕捉菌への影響は、各堆肥区間にはみられず、各ブロック間の差のほうが著しく、捕捉菌、線虫ともに均一には分布していないと考えられた。また、6 月の捕捉菌検出頻度はその後ゴール指数で調査したキタネコブセンチュウ密度と正の相関がみられ、このことから堆肥施用後も短期間では変化しない土壤固有の捕捉菌生存条件なるものが存在し、

これが植物寄生性線虫の密度と関連して存在しているように考えられる。このほ場での捕捉菌の垂直分布としては地下 40 cm から検出されるほど深い、検出率は地表部と深部で低かった。

地域による差異は多少あるが、網形成菌では *A. oligospora*、環形成菌では *A. dactyloides*、球形成菌では *M. ellipsosporum* が国内での優勢種である。

土壌中での捕捉菌の活性は厳密には捕捉器官数を調査しなければならないが、アマ茎にコロナイズしてくる捕捉菌を活性を持つ捕捉菌とみなし、この菌の分布、検出頻度と線虫密度の変動との関連をみると、ラッカセイほ場では両者間に負の相関がみられ、また、薬剤処理による捕食菌殺菌土壌では再接種したネコブセンチュウの密度が無処理土壌より高まったこと²⁵⁾などは、ほ場に存在する捕食菌量で植物寄生性線虫の密度抑制の役割を果たしていると推定できる。この捕食菌量を更に増加させ、実用面で利用しようとする試みがこれまで多くの人たちによってなされてきた。

VI 防除への利用

LINFORD が 1937 年に土壌に添加した有機物が自由生活線虫を増加させ、それが天敵微生物の栄養源となってその活性を高め植物寄生性線虫を減少させるとの仮説を出した。以来多くの報告があり、LINFORD らはハワイのパインアップル園で捕食菌の利用を試み、捕捉菌を接種した実験で *M. ellipsosporum* の効果を認めている。その後 TARJAN³⁵⁾、MANKAU²⁴⁾ らによって防除試験が行われている。イギリスでは DUDDINGTON が捕食菌の有用性を強調し、多数の実験報告や総説を書いている¹¹⁾。ソビエトでは GORLENKO や SOPRUNOV³³⁾ らにより動物寄生性線虫をも含めた防除試験を行っている。フランスでは DESHINS らによって行われ、我が国ではタバコのネコブセンチュウの防除に *M. ellipsosporum* が有効であるという報告がある。これまでの防除試験をみると、鉢試験の段階では防除効果が認められるが、ほ場試験では失敗例が多い。

土壌に捕食菌を添加する場合、使用菌種の系統の検討と、土壌中の拮抗微生物の有無を調査しておかなければならない。捕食菌を添加した場合も、土着の捕食菌を含めその活性を高めるため菌の栄養源となる基質を加えなければならないが、現在では捕食菌特有の基質はみつかっていない。最近になり産業廃棄物の利用面から、その施用及び線虫防除効果に関する研究が多くなった。有機物分解過程で分解産物による殺線虫効果が認められているが³⁰⁾、積極的に殺線虫物質を作る内部寄生菌、細菌、

放線菌などを有機物の分解に用いる方向も考えられる。

捕食菌の利用については、現段階ではその土壌中での基本的な役割は認めながらもその方法論すら確立していないといわなければならない。今後更に研究が進み多くの事例が積重ねられることによって線虫捕食菌の積極的利用場面が大きく開かれることを期待したい。

引用文献

- 1) ASCHNER, M. & KOHN, S. (1958) : J. gen. Microbiol. 19 : 182~189.
- 2) BALAN, J. & GERBER, N. N. (1972) : Nematologica 18 : 163~173.
- 3) BARRON, G. L. (1969) : Can. J. Bot. 47 : 1899~1902.
- 4) BURNSALL, L. A. & TRIBE, H. T. (1974) : Trans. Br. mycol. Soc. 62 : 595~601.
- 5) COOKE, R. C. (1962) : Ann. appl. Biol. 50 : 507~513.
- 6) ——— (1963) : ibid. 51 : 295~299.
- 7) ——— (1964) : Trans. Br. mycol. Soc. 54 : 375~379.
- 8) ——— (1968) : Phytopathology 58 : 909~913.
- 9) ——— & DICKINSON, C. H. (1965) : Trans. Br. mycol. Soc. 48 : 621~629.
- 10) ——— & GODFREY, B. E. S. (1964) : ibid. 47 : 61~74.
- 11) DUDDINGTON, C. L. & WYBORN, C. H. E. (1972) : Bot. Rev. 38 : 545~565.
- 12) EREN, J. & PRAMER, D. (1966) : Soil Sci. 107 : 39~45.
- 13) ESSER, R. P. & RDINGS, W. H. (1973) : Soil Crop Sci. Soc. Flor. Proc. 33 : 60~64.
- 14) FEDER, W. A. et al. (1963) : Nematologica 9 : 49~54.
- 15) ——— (1963) : Mycopath. mycol. appl. 19 : 99~104.
- 16) GIUMA, A. Y. & COOKE, R. C. (1971) : Trans. Br. mycol. Soc. 56 : 89~94.
- 17) ——— & ——— (1974) : ibid. 63 : 400~403.
- 18) ——— & ——— (1974) : Soil. Biol. Biochem. 6 : 217~270.
- 19) ——— et al. (1973) : Trans. Br. mycol. Soc. 60 : 49~56.
- 20) GUPTA, R. K. & PRAMER, D. (1970) : J. Bact. 103 : 120~130, 131~139.
- 21) HAYES, W. A. & BLUCKBURN, F. (1968) : Ann. appl. Biol. 53 : 51~60.
- 22) LAWTON, J. R. (1967) : Trans. Br. mycol. Soc. 50 : 195~205.
- 23) MANKAU, R. (1962) : Phytopathology 52 : 611~615.
- 24) ——— (1962) : Nematologica 7 : 65~73.
- 25) 三井 康 (1973) : 土と微生物 14 : 26~36.

- 26) ——— (1975) : 化学と生物 13 : 571~577.
 27) MIURA, K. (1973) : Tottori mycol. Inst. 10 : 517~522.
 28) MONOSON, H. L. (1968) : Mycologia 60 : 788~801.
 29) NORDBLING-HERTZ, B. & BRINCK, C. (1974) : Physiol. Plant. 31 : 59~63.
 30) PATRICK, Z. A. et al. (1965) : Phytopathology 55 : 702~704.
 31) SATCHUTHANANTHAVAL, V. & COOKE, R. C. (1967) : Trans. Br. mycol. Soc. 50 : 423~428.
 32) SAYRE, R. M. & KEELEY, L. S. (1969) : Nematologica 15 : 492~502.
 33) SOPRUNOV, F. F. (1958) : Predacious Hyphomycetes and their application to the control of pathogenic nematodes. Ashkhabad, 1958 (Israel Progr. Transl. Jerusalem, (1966) 292 pp.
 34) 田村弘忠 (1973) : 日線虫研 3 : 9~18.
 35) TARJAN, A. C. (1961) : Soil Crop Sci. Soc. Flor. Proc. 21 : 17~36.
 36) RIFAI, M. A. & COOKE, R. C. (1966) : Trans. Br. mycol. Soc. 49 : 147~168.
 37) WILLCOX, J. & TRIEBE, H. T. (1974) : ibid. 61 : 585~594.

新刊本会発行図書

野菜のアブラムシ

宇都宮大学農学部教授 田中正著

1,800 円 送料 160 円

A 5 判 口絵カラー写真 4 ページ, 本文 220 ページ 上製本 カバー付き

野菜のアブラムシについて関係事項をすべてとりまとめた手引書

内 容 目 次

- | | |
|-------------------------|---|
| 第Ⅰ章 概説 | 第Ⅶ章 被害 |
| 第Ⅱ章 形態 | 被害の様相 口器 植物ウイルス病の媒介 |
| 体色 体形 頭部 胸部 腹部 変異 幼虫 | 第Ⅷ章 防除 |
| 分類や同定上の注意 | 農業的防除 物理的防除 殺虫剤による防除 |
| 第Ⅲ章 分類 | 第Ⅸ章 発生予察 |
| アブラムシ群 カサアブラムシ・フィロキセラ群 | 有翅型の飛来調査 寄主選択性の差異の利用 |
| 第Ⅳ章 生活史 | 統計的予察法 採集と標本作製法 |
| 生活型 寄主範囲 生活史 越冬 両性個体の出現 | 第Ⅹ章 野菜のアブラムシの種類とその見分け方, 生活史, 防除 |
| 第Ⅴ章 生態 | 果菜類 (マメ類など) 葉菜類 (アブラナ科野菜など) 根菜類 (ダイコンなど) |
| 有翅型 両性個体の生態 個体群の変動 | 主要参考文献 |
| 第Ⅵ章 天敵 | 索引 (アブラムシの和名, 昆虫・動物名, 植物名, 植物ウイルス病名, 術語, 農薬名) |
| 捕食虫 寄生虫 微生物 天敵の相互関係 | |
| 天敵利用をとり入れた総合防除 | |

お申込みは前金 (現金・振替・小為替) で本会へ

昆虫に寄生する線虫類

日本植物防疫協会 ^{たか}高 ^き木 ^{しん}信 ^{いち}一

植物に寄生する線虫に比べ、昆虫に寄生する線虫については我が国では研究者がはなはだ少ない。最近有名になったマツノザイセンチュウについては既に 100 編以上の報告が出ているが、この線虫が昆虫を中間寄主*とし、移動に利用するだけであるという理由で昆虫寄生線虫の仲間に入れにくい点が誠に残念である。同じことがフィラリヤについても言えることで、文献の量も多く、質も優れており、時には中間寄主を倒すこともある点で前者と同じであり、寄主と寄生虫の同調性(シンクロナイズ)についても大いに参考になることがあるのに、惜しいことである。

寄生とは、一つの生物が主に栄養を他の生物の一部に依存して生活することという定義にこだわるのが前の問題の原因であるが、昆虫体の内外に昆虫とともに見られる線虫のうち、昆虫寄生線虫として取り扱われるものは人によってかなり異なる。例えば、昆虫の消化管の中の微生物を食物として生活するが、時として大量に増殖して寄主の血体腔にまで入り込み、やがて寄主を倒し、微生物が死体で増殖し、それに伴って線虫も増殖するという場合などである。栄養として昆虫の一部を利用しているか、主にそうであるかなど判定の困難な場合がある。とにかくいろいろの場合があるが、線虫の全生活環を寄主の体に依存するものはむしろ例外で一部自由生活を送るもの、植物寄生生活を行うものなどが含まれる。

I 昆虫寄生線虫の種類

動物の門 (phylum) の中で最も種類が多い昆虫とその次に多い線虫との寄主と寄生者の関係であるから大変な組み合わせになるかと思われるが、昆虫のほうは化石を含めて 15 目にわたっているのに、線虫では比較的限られていて 4・5 上科の範囲である。GORDON et al. (1974) の総説 Biological Control of Insects by Nematodes によればまず Oxuroidea の中の Thelastomatidae と Rhigonematidae が出てくる。これはゴキブリの後腸に寄生し、古くは寄主に全く害がないと考えられていたが、TAYLOR (1968) によれば、時として消化管に損傷を与え、*Periplaneta americana* の死亡率を高めるという。NICKLE (1973) の総説 Identification of Insect Parasitic

Nematodes ではこれらの線虫を仲間に入れていない。

Rhabditoidea は前記両総説に取り上げられているが、NICKLE はその中の Steinernematidae、また、その中の Neoaplectana 属だけを取り上げている。この上科に属する線虫は、昆虫の消化管内のバクテリアを食べているのが常態であるから、寄生というより共生に近い関係にある。中にはマツノザイセンチュウ式に食物のある場所へ移動するのに乗物として昆虫を利用するものもある。これらの線虫は寄主の口や肛門から害を受けることなく消化管に入るが、寄主体外で自由生活もできるのである。この仲間の代表は前記の *Neoaplectana* と *Diplogasteridae* である。*Neoaplectana* は現在 14 種あるいは 15 種が属し、その中で DD-136 は *N. carpocapsae* の生態種で世間によくその名が知られている。これを発見者の名を取って *N. datkyi* と独立させる一派もある。DD-136 は *Achromobacter nematophilus* というバクテリアを腸内にもっていて、この線虫が寄主の消化管に入ると、もっているバクテリアを肛門から放出する。この菌は寄主の体内で急激に増殖し、寄主を敗血症で倒し、寄主の死体でなお増殖し、線虫はこのバクテリアを食べて、世代を重ねる。寄主の死体の崩壊後、DD-136 の感染期幼虫は四散する。このほかの *Neoaplectana* とバクテリアの関係は明らかでなく、*N. affinis*, *N. bibionis* は通常昆虫にとって有害でないと考えられている。もう一つの代表 *Diplogasteridae* は自由生活種として知られているが、昆虫の死体で多く見られ、時として生きている昆虫の消化管や血体腔の中に入り致命的影響を与えることがある。非常に激しく増殖するので物理的な影響も無視できないものと思われる。*Neoaplectana* が特定のバクテリアをほかのバクテリアの増殖に先駆けて増殖させるのに対し、寄主の環境に生活しているのと同じ微生物をその体内条件で食物としているに過ぎない後者は寄生の進化の最も初期の段階にあるものと考えられる。したがって *Neoaplectana* を寄生虫として取り扱うことに異存がない場合でも、*Diplogasteridae* は除かれる場合が多い。POINAR (1972) は任意寄生者 (facultative parasite) と呼ぶ 1 群の不完全な寄生線虫を設定し、その中に Rhabditidae, Panagrolaimidae, Steinernematidae, Diplogasteridae, Aphelenchoididae, Neotylenchidae の 2 上科、6 科を含めている。このうち Rhabditidae と Diplogasteridae

* 宿主のほうが一般的であると思うが、応動昆用語集によった。

は寄主の血液から栄養を取りうるが、バクテリアが寄主体内で増殖するまで生殖できないのであって、バクテリアの増殖が寄主の死につながるが多いため、結果的には死体に寄生(?)するということになる。Mizuta ほか (1965) はカイコについて一例を報告している。

Tylenchoidea と Aphelenchoidea に属する線虫は植物寄生線虫の主力をなすものであるが、昆虫に寄生するものもあり、Tylenchoidea の Sphaerulariidae には 20 属、125 種のものが記載されており (Nickle, 1967), Aphelenchoidea には Entaphelenchidae 1 科 4 属が知られている。これらの線虫はリングルの中で昆虫を解剖したとき、1~2 匹の 1~10 mm の大形の線虫と、1,000~10,000 匹の 0.5 mm ぐらいの小形の線虫が同時に見られることが多い。いろいろな昆虫に寄生するが、土の中で自由生活をした後、交尾した雌が、寄主の幼虫に入り、血体腔にまで達する。これらの線虫は口針を持っているので、前述の Rhabditidae などと異なり、容易に体腔まで入り込んで真正寄生者の様相を示すことになる。寄主の体内で成長した線虫幼虫は寄主の産卵のとき、卵とともにあるいは糞とともに昆虫の体外に出ていったん自由生活に入り、前と同様に世代を重ねていくという生活を基準としているが、中には単為生殖を行うものもあり種々の変化した生活史をたどる。キクイムシ、ブユ、ウシのハエ、アザミウマ、キバチなどに寄生し不妊にしたり、産卵、発育に影響を与えたりする。

糸片虫 (Mermithidae の仲間) については和名が確立しているとおり日本でも古くから知られ、山内 (1934), KABURAKI ほか (1932) の報告が有名であるが、最近も阿久津 (1975) のハスモンヨトウなどに関する発表があった。糸片虫は肉眼で楽に見える程度の大きさであるため、昆虫の研究者の目につきやすい。Mermithidae に近い Tetradonematidae の幾つかは寄主の体内で成虫にまで成育できるが、糸片虫の大部分は前成虫期まで寄生生活を送り、寄主から脱出して土の中で自由生活を営み、成虫となる。したがって *Agamermis decaudata* のように幼虫に特殊な形態的特色*のあるものを除けば、昆虫体から取り出したときは種類の判定ができないのが普通である。Mermithidae の分類については NICKLE (1972) が詳述しているのでここには一覧表を示すにとどめる。この類は幼虫時代に寄主の皮膚を通して侵入し口から入ることは少ないといわれる。寄主の体内では急速に成長し、寄主に種々の退化や成育遅延を起こさせ、脱皮不能、奇形、間性、ギナンドルモルフ、アリでは中間階級の発生が起こる。形態のみでなく行動にも変化が起こり寄生された

* くびれがある。

カが刺さなくなるという例もある (次ページの表参照)。

II 線虫による昆虫個体群制御の要素

水棲の衛生害虫の幼虫については、防除効果としてかなりの成果が認められ、森林害虫についての調査からも、個体群制御の実態は部分的にはあるが相当大きいことがうかがわれる。ところが、いわゆる農業害虫に関しては一部希望的展望を除けば、悲観論が多く、日本の現状では問題外となっている様子である (有賀, 1973 など)。

野外で線虫の寄生率が調査された例は少なくないが、1 時点、1 地点の結果が多く、発表された数字から実態を把握することは困難なことが多い。一般的に言って Tylenchoidea や Aphelenchoidea のように不妊効果が主である場合は効果が過少評価されやすく、糸片虫のように幼虫に寄生するものでは分散力が弱く、生息地が限定されているため密度の把握が困難である。更に寄主が低密度になったり、生活圏の理化学的条件、例えば水分が一時的に欠乏するというようなことで、寄生率は 1% 以下から 100% にまで変化する。更に不安定要素を示すと、ブユに寄生するある糸片虫はほかの糸片虫と異なり、寄主の親が産卵するときに脱出する。これは寄主としては産卵まで生きられること、寄生者は比較的広く分散できることになる。この線虫の寄生を受けると体色が白っぽくなり捕食者の目につきやすくなる。また、寄主の雄は寄生されるとこれと交尾した雌は不妊になるが、そのような雄の飛しょうは変則的となり交尾率は下がる。これらの条件を平均的に見れば、ブユの個体群に大きな影響はないと考えられるが、実態は大きく揺れ動くわけである。

線虫による昆虫個体群の制御については、基礎的な研究が先行しなければならないが、実際は誠に乏しい。今少ないデータを挙げて検討することにする。

DD-136 については人為的に増殖させて、害虫に散布した例が多く報告されているが、実態調査と同様結果は全くまちまちであった。しかし、よく実験の条件を検討してみると、湿度あるいは水分の条件が結果を左右していることが分かった。植物の表面に暴露しているような昆虫に対してはおおむね不成功で、土の中、トウモロコシの葉軸の中、キャベツの結球の中などでは成功する場合が多かった。水田はこの点で有利であるが、実際に 2 種の水田鱗翅目害虫に対して使用した結果は、パラチオンの 0.04% よりわずかに劣るが、十分有効であるという成績がある (ISRAEL et al., 1969)。MOORE (1972) の実験によれば野外で r. h. が 50~60% のとき、線虫浮遊液散布 1 時間後に生き残っている移動性幼虫は 5~

昆虫寄生線虫一覧表 (属と代表的寄主) (主に NICKLE (1972, 1973) による)

Mermithoidea	<i>Heterotylenchus</i> イエバエ, ノミ, ゴミムシ
Tetradonematidae	<i>Howardula</i> ウリバエ, ハエ, アザミウマ, ダニ
<i>Aproctonema</i> キノコバエ, スカカ	<i>Metaparasitylenchus</i> 甲虫類
<i>Corethrellonema</i> ケヨソイカ	<i>Neoparasitylenchus</i> キクイムシ
<i>Heterogonema</i> ケシキスイ, ヒラタムシ	<i>Parasitylenchoides</i> 甲虫類, ハネカクシ
<i>Mermithonema</i> フニクバエ	<i>Parasitylenchus</i> キクイムシ, ミバエ
<i>Tetradonema</i> キノコバエ	<i>Proparasitylenchus</i> ハネカクシ
Mermithidae	<i>Protitylenchus</i> 甲虫類
<i>Agamermis</i> バッタ	<i>Sulphuretylenchus</i> キクイムシ
<i>Allomermis</i> 土の中の虫	<i>Scatonema</i> フニクバエ
<i>Amphimermis</i> (<i>Complexomermis</i> , <i>Amphibiomermis</i>)	Fergusobiinae
ガ, イトトンボ	<i>Fergusobia</i> ユーカリタマバエ
<i>Bathymermis</i> 水の中の虫	Iotonchiinae
<i>Capitomermis</i> ユスリカ	<i>Iotonchium</i> 不明
<i>Diximermis</i> アノフェレス(カ)	Aphelenchoidea
<i>Gastromermis</i> ブユ	Entaphelenchidae
<i>Hydromermis</i> (<i>Mermis</i> , <i>Paramermis</i>) ユスリカ	<i>Entaphelenchus</i> ハネカクシ
<i>Hexamermis</i> (<i>Mermis</i>) 多くの土の中の虫	<i>Peraphelenchus</i> シデムシ
<i>Isomermis</i> 水の中の虫	<i>Praecocilenchus</i> ゾウムシ
<i>Lanceimermis</i> 水の中の虫	<i>Roveaphelenchus</i> ハネカクシ
<i>Limnomermis</i> ユスリカ	Rhabditoidea
<i>Mermis</i> バッタ	Steinernematidae
<i>Neomesomermis</i> ブユ	Neoplectana
<i>Octomyomermis</i> ユスリカ	<i>N. affinis</i> ケバエ
<i>Perutylimermis</i> (<i>Agamomermis</i>) カ	<i>N. bibionis</i> ケバエ
<i>Psammomermis</i> コガネムシ	<i>N. bothynoderi</i> ゾウムシ
<i>Reesimermis</i> カ	<i>N. carpocapsae</i> シンクイガ
Tylenchoidea	<i>N. chresima</i> ワタノミムシ
Sphaerulariidae	<i>N. dutkyi</i> (DD-136) 多種
Sphaerulariinae	<i>N. felliae</i> ヨトウムシ
<i>Sphaerularia</i> ハチ	<i>N. georgica</i> コフキコガネ
<i>Sphaerulariopsis</i> キクイムシ, コマユバチ	<i>N. glaseri</i> マメコガネ
<i>Tripius</i> キノコバエ, タマバエ	<i>N. hoptha</i> マメコガネ
Allantonematinae	<i>N. jamickei</i> ハバチ
<i>Allantonema</i> ゾウムシ, キクイムシ, イエバエ	<i>N. leucaniae</i> ドクガ
<i>Aphelenchulus</i> ヒッコリーボーラー	<i>N. melolontha</i> コフキコガネ
<i>Bovienema</i> キクイムシ	<i>N. menozzii</i> ゾウムシ
<i>Bradynema</i> コガネムシ, ケバエ, 半翅目	() 内は Syn.
<i>Contortylenchus</i> キクイムシ	

10% であるが、夜間では数時間生きられる。ただし、夜明とともに全部死亡した。キクイムシを対象に樹皮に線虫浮遊液を散布したとき、キクイムシのトンネルに入り込んだものは約 15 日間生きていられることが分かった。これらに反して牧草害虫のあるものに無効であったという成績があるが、これはこの線虫が地中に深く入らないためであると考えられている。多くの実例を平均的に見れば、たとえ寄主を減らすことができて、経済的に有効とはならず、線虫の定着もできていないというのが実情のようである。それでもなお少ないながら世界の研究者は希望を捨てず、いろいろの努力が繰り返えされている点に注目してよいと思う。よく知られている *Bacillus thuringiensis* の β 外毒素製剤と DD-136 の併用でガガンボに対し 90~100% の死虫率を得ている (LAM ほか, 1972) し、*N. agriotos* によって原生動物の *Nosema* や *Pristophora* を昆虫の死体から死体へ運ばせることができた (VEREMCHUK ほか, 1970)。これらのことから昆虫寄生線虫に有効な微生物を運ばせようとする考えが出

てきた。同じ考えを筆者も持っていて話したこともあったが、彼よりだいぶあとであることが分かった。

昆虫寄生線虫の利用を考えるとすれば、大量飼育を安価に行うことが先決である。今のところ Tylenchoidea, Aphelenchoidea, Mermithoidea に属する昆虫寄生線虫については寄主を用いるほかの飼育法が知られていない。これは寄生の程度が進化して寄主の生理に依存する割合が多くなるほど困難になるためと思われる。今までの多くの試みは昆虫や線虫について極めて不完全な知識しかないのにいろいろの培養基を作っては試めすといふことの繰り返しであった。わずかに、サバクバッタに寄生する *Mermis nigrescens* は寄主からダイペプチッドやタンパク質は要求せず単純なアミノ酸を取るとか、寄主の血液中のトレハロースよりもグルコースを取るといふようなことが (GORDON ほか, 1971) 部分的に分かり、最近カの培養細胞で *Reesimermis nielsenii* の幼虫期のあるところまで成育できるようになった (ROBERTS ほか, 1973) という程度のことが分かり始めた段階である。今のとこ

る DD-136 については大タンク培養で 1 エーカー当たりの線虫が 50 ドル以下でできるようになったといわれる。Neotylenchidae の *Deladenus* sp. が自由生活時代はカビの 1 種で培養できることが分かり、この線虫は任意寄生であり重要ではないが、ほかの線虫の自由生活時代の培養にある程度希望が持てるようになった (BEDDING, 1967)。

水分の重要性については前にも述べたが、元来土中の生活に適した線虫のような動物にとっては宿命的な関係であるといえる。*Neoplectana* についてみれば 21~27°C, r. h. 80% 以上で弱い風があるという条件が理想的であるという。寄主の所へ移動するにも、絲片虫が皮膚から穿入する際にも水分が必要で、水分のあるミクロハビタートが確保されないと線虫の利用ができない。したがって最近では、その条件を満たすような地理的適用地域で、線虫を利用すべきであるという考えが打ち出されている (MOORE, 1973)。我が国はもともと湿度の高い所が多く、特に梅雨に恵まれた地域が大部分を占めていることは心に留めておいて良いのではあるまいか。水分の問題に関連して、蒸発抑制剤の利用が研究されている。線虫の浮遊液に Gelgard M® (water thickener), Folicote 351® (蒸発抑制剤), Arlatone T® (界面活性剤) を加えて、ハバチに対する殺虫率の平均 24% を 90% にすることができた (WEBSTER ほか, 1968)。また、同様のことがハムシ、ネキリムシにも好結果を得たという。しかし、DD-136 の浮遊液に 10% のグリセリンやいろいろの湿潤剤を加えたものはマツノシムシの 1 種 *Rhyacionia frustrana* に対する殺虫力を増すことはできたが、実用的な効果とまでは行かず (NASH ほか, 1969), 0.1% のホルマリンに湿潤剤を加えたものはクイムシの 1 種 *Dendroctonus frontalis* を 26°C 以上の条件で 44% を殺すことができた程度であった (MOORE, 1970)。

DD-136 の寄生幼虫は環境温度が 37°C を越すと死ぬといわれる。これは時間の要素も考えなければならないが、案外低いところに致死温度があることになる。ブユの幼虫は 20°C の時より 10°C の時に多く DD-136 を取り込むという試験結果から、摂食刺激物質を寄主に与えて、経口的に線虫を多く取り込ませ死虫率を高めることが考えられた (DADD, 1970)。

絲片虫は皮膚を通して寄主に侵入することは前に述べたが、ユスリカに寄生する *Gastromermis rosae* は侵入に際して筋肉をまひさせる液を注射して、行動を容易にすることが確かめられた (WULKER, 1965)。

寄主に対する寄生虫の数も重要な要素である。例えば

カの *Culex pipiens* に対し *Reesimermis nielsenii* (絲片虫の 1 種) が 3 倍以上の時は 100% 寄生される可能性があるというが、もちろん、水の量が関係する。一般に寄主当たり寄生虫が多くなると、寄生虫の体は小さくなり雄の率が高くなる。また、飢えた寄主においても同様である (PETERSEN, 1972 ほか多数)。このようなことは大量飼育を行う場合重要なことであって、単為生殖を行うものではこの影響は少なくなる。

水棲昆虫に対する寄生虫については、塩分、農薬その他の汚染物質に対する耐性について十分知っておかないと効力を発揮させることができない。また、貯蔵条件と使用時の強い圧力に耐えてなお寄生力を持たなければならない。*Neoplectana* の類は 0.001% のホルマリンに空気を通して 5°C に保てば長く保存ができて、しかも寄生能力も十分であることが知られている。絲片虫の幼虫は砂の中に保つのがよく、種によって 4°C から 20°C の間にそれぞれの適温があるという (FERDORKO, 1971)。

REED ほか (1965) によれば良い条件では DD-136 は跳躍することができ、単にはって寄生するよりはるかに有効な能力があることが知られ、コフキコガネの 1 種 *Costelytra zealandica* の幼虫に寄生する *Cephalobellus costelytra* は卵が渡り鳥によって運ばれ鳥の消化管の中を害を受けることなく通過して分散する (DALE, 1966) と言われている。

寄主と寄生者の関係において、もう一つの重要なことは生活史の同調性ということである。現在知識が不足していて、良い事例に乏しいが、マツノザイセンチュウとマダラカミキリの出合いのような劇的なものを探究し、人為的に演出することを考えなければならない。例えば WEBSTER (1973) によれば、コロラドハムシの 3 令幼虫は DD-136 に対し最も抵抗力があり、侵入してきた線虫を包み込む (被のう化, encapsulation) 率がほかの令期より多いということが分かっているの、線虫の散布時期を調節するのが最も簡単であるが、できれば逆に甲虫の令期を調節することも考えられるのではあるまいか。

一般論として寄主は寄生虫に対して、いろいろの防御手段をもっているのが普通であるが、昆虫のその寄生線虫に対する防御は、侵入後については被のう化 (encapsulation), メラニン化 (melanization), 体液の変化による防御 (humoral defence) の三つがあるという (POINAR, 1969)。しかし、被のう化はある程度寄生虫の数が多くなると寄主は負けてしまうし、DD-136 の場合は、もし被のう化が成功しても寄生菌を放出した後になるので寄主は死を免れない。コフキコガネの幼虫に寄生する

Pseudomermis hagmeieri* はわずかの食細胞的反應を受けるだけであるが、*Psammomermis melolonthae* は寄主の体液中の大核、小核細胞の数を増加させ結局被のう化されることになる (COUTURIER, 1963)。寄主の令期で寄生に対する感受性の異なることは前にも述べたが、これは令期による体液の生理的な差であると思われる。同様のことが越冬や休眠の場合にも起こり、寄生虫の側の行動の変化が寄主に影響することも分かってきた (WEBSTER, 1973)。これに関連して昆虫の内分泌物、線虫の分泌物の相互への影響についての報告が若干あるが、現在では特に線虫については内分泌器官についても不明な点が多く明らかな結論は得られていない。とにかく寄主の感受性の高い時を活用するか、前の場合と同様、感受性を高める手段を考えることが必要である。

最後にもう一つ考えておきたいことは環境に対することである。DD-136 はこれまで試験の結果 100 種以上の昆虫に寄生が可能であるといわれ広い寄生範囲をもっている。これははん用性の大きい化学農薬と同じ長所と短所をもっていることである。絨片虫と Tylenchoidea と Aphelenchoidea はいろいろな昆虫に寄生するが、それぞれ一つの科の中の寄主に限定していると考えてよく、一つの生態系の中に長く定着させておくのに適していると考えられる。昆虫寄生線虫が人間に寄生する可能性については今のところ否定的である。しかし、人畜の環境の中におびただしい数の線虫を放つということになれば、その前に十分な試験が必要であらう。POINAR (1972) の *Neoaplectana* の哺乳類に対する実験では一応無害という結果が出ている。ミツバチに対しては DUTKY ほか (1955) によれば否定的であったが、HACKETT ほか (1973) によれば実験室で 3 令幼虫に寄生させると成虫の時に発病するとなっている。今までに絨片虫が人間に寄生した 6 例があるという (FOSTER, 1963)。このうち 3 例は尿から見つかり、記載はいまいであるがたぶん人間の寄生虫の *Diectophyme renale* であらうという。あとの 3 例は同定ミスか偶然消化系に入り込んだ絨片虫であらうと考えられている。

む す び

昆虫寄生線虫を害虫の防除に利用しようとする場合、現段階で、見込みなしと判定するのは誤りでないかもし

* この属は現在支持されていない。

れない。しかし、長々と述べてきたように、関係研究者は根気強く研究を続けている。その結果はどうなるかわからないが、育てるべき萌芽はあちこちに認められるように思われる。

25年も昔、筆者が新潟農試にいたころは予察燈は湿式であった。朝、虫を調べに行くと、水盤の底は一面の線虫で底が見えないほどであった。虫を数えたあと、死体を予察燈のそばに山積みになっていたが、これにはケラが驚くほど集まった。機会があってこのケラを解剖してみると例外なく体の中から線虫が出てきた。忙しさにまぎれて、とうとう全く手を出さずに過ぎてしまったが、問題は手の届く範囲にいくらかでもあるものと思われる。おもしろいアイデアで、この問題と取り組む人の出現を待望する。

主 な 文 献

- 阿久津喜作 (1975) : 関東東山病虫研年報 22 : 137.
 有賀久雄 (1973) : 昆虫病理汎論.
 BEDDING, R. A. (1967) : Nature, Lond. 214 : 174~175.
 DADD, R. H. (1970) : J. Med. Entomol. 7 : 708~712.
 GORDON, R. et al. (1971) : Expl. Parasit. 29 : 66~79.
 ——— et al. (1974) : Helminth. Abstracts 43 : 327~349.
 HACKETT, K. J. et al. (1973) : Am. Bee J. 113 : 100.
 KABURAKI, T. et al. (1932) : Proc. Imp. Acad. Japan 8 : 109~112.
 LAM, A. B. Q. et al. (1971) : Nematologica 17 : 201~212.
 MOORE, G. E. (1970) : J. Nematol. 2 : 341~344.
 ——— (1973) : Expl. Parasit. 33 : 207~211.
 NASH, R. F. et al. (1969) : J. Econ. Ent. 62 : 660~663.
 NICKLE, W. R. (1967) : J. Parasit. 53 : 398~401.
 ——— (1972) : J. Nematol. 4 : 113~146.
 ——— (1973) : Expl. Parasit. 33 : 303~317.
 PETERSEN, J. J. et al. (1972) : Mosquito News 32 : 226~230.
 POINAR, G. O., Jr. (1969) : Immunity to parasitic animals. 1 : 173~210.
 ——— (1972) : Ann. Rev. Ent. 17 : 103~122.
 REED, E. M. et al. (1965) : Nature, Lond. 206 : 210~211.
 ROBERTS, D. W. et al. (1973) : Proc. V Int. Colloq. Insect Pathol. 91.
 山内為寿 (1934) : 蚕試報告 9 : 384~424.

マツノザイセンチュウのその後の研究

農林省林業試験場 **ま** **みや** **やす** **はる**
真 **宮** **靖** **治**

我が国のマツ*をほぼ 60 年にもわたって枯らし続けてきた「松くい虫」は、その実体が穿孔虫からマツノザイセンチュウへと変わったあとも、猛威とどまるところなく、今なお多くのマツを倒している。特にここ数年来、被害量は増加の傾向をたどり、昭和 20 年代に入ってから被害発生量の推移のなかでも第 2 のピークを迎えつつある。被害材積(木材量)は年間 100 万 m³ を超えており、100 億円に近い損害といわれる。

マツの枯死とマツノザイセンチュウの因果関係については、本誌第 25 巻第 12 号(1971)に徳重氏の詳説がある。また、森本氏は第 27 巻第 5 号(1973)で、まつくい虫、特に伝播者マツノマダラカミキリとマツノザイセンチュウとのかかわりあいについて重点を置いて、マツ枯損の問題を論じている。マツの被害は冒頭に述べたとおりの現状であるが、両氏による紹介以後の、マツノザイセンチュウ問題についての研究の進みを追うのが本稿の目的である。

I マツノザイセンチュウ加害による マツ枯損の発生経過

マツノザイセンチュウによるマツの枯損は、線虫を病原体とし、マツノマダラカミキリを媒介昆虫とする一種の伝染病である。マツに現れる病徴からそれは萎ちょう病であるともいえる。線虫の健全なマツへの伝播、樹体への侵入、そして、マツの発病、病状進展、枯死の経過は、既に徳重・森本両氏も述べているところであるが、ここで再び、線虫、媒介者、マツの 3 者の相互関係を主眼として問題をとらえ整理しておきたい。

前の年に枯れたマツの材中で育ったマツノマダラカミキリは、5 月中旬から 7 月中旬にかけて羽化する。マツノザイセンチュウを体にもって枯死木から飛び出したマツノマダラカミキリは、マツの若い枝を後食しながら、やがて産卵を始める。羽化脱出のピークは 6 月中・下旬であり、産卵は平均的にみると脱出後 3 週間たってから始まる。後食によって出来た枝の傷から、マツノザイセンチュウはマツ樹体へ侵入する。感染とそれに続く発病で異常になったマツが、マツノマダラカミキリの産卵対象木となる。千葉県下に設けた試験地で調べた結果から、このような経過を具体的にみてみよう(真宮ら, 1973)。

* 本文中でいうマツとは、アカマツ、クロマツを指す。

22~25 年生のアカマツ約 300 本を調査対象とした。6 月下旬ころから異常木がで始め、8 月中旬までにはこの年の枯死木総本数(枯死率は 21%)の 83%が発病していた。多くは 7 月中旬以降に異常となったものである。そして、10 月中旬ころまでにそのほとんど(90%以上)が枯死した。一方、8 月中旬における異常木(その多くはまだ針葉も緑で、外観的に健全木との区別がつかない)のほとんどに、マツノマダラカミキリの産卵痕がみられた。少数ながら 9 月中旬以降に発病した木もあったが、これらに対してはマツノマダラカミキリの産卵は認められなかった。接種実験によって確かめられた線虫侵入から、樹脂滲出の停止を目安とした発病までの時間的経過、すなわち病気の潜伏期間は 1 週間から 2 週間である。これを考慮にいれると、マツノマダラカミキリの羽化脱出、後食、マツの感染、発病、そして、マツノマダラカミキリの産卵活動と、それぞれの時期がうまく時間的なつながりのうちにあることが分かる。

マツが枯死に至る経過そのものが非常に特徴的で、マツノザイセンチュウ被害木の診断は容易であるが、更に、樹体内での線虫の増殖がその病因の確認を助ける。樹体の病状進展と線虫の動態との関連は、1 本のマツの木を閉鎖された生息空間としてそのなかでの線虫の 1 個体群の消長としてとらえられる。そして、最終的には線虫個体群の継続発展上必然のこととして、マツノマダラカミキリとのかかわりあいがでてくるのである。病気の伝染、被害の広がりという観点からすると、直接的には伝播者マツノマダラカミキリに疫学的な重要性があるといえる。このことに関して、マツノマダラカミキリの生態、特に個体数変動要因に関する研究は、病気の対策上、病理学的研究と対をなす両輪としての重きをなす。マツノマダラカミキリについては他の人、別の機会に譲るとしてここでは触れない。

II マツノザイセンチュウの生活環

マツ樹体内での線虫の動態を、線虫の侵入、定着から、マツノマダラカミキリによる搬出までの間の消長のみならず、前に触れたようにそれは閉鎖された生息空間での 1 個体群の「生活環」として認識できる。

1 マツノザイセンチュウの発育

個体の発育、生長、生活史については次のことが明ら

かにされている(真宮, 1975b)。

25°Cの温度条件下で、卵は産下後約30時間で孵化する。*Botrytis cinerea*の菌そう上での発育経過をみると、孵化した第2期幼虫は直ちに摂食活動に入り、3回の脱皮ののち、4日後には成虫となって産卵を始める。えさがないと幼虫は生長できない。産卵には雌雄の交尾が必要である。雌成虫は30日前後の産卵期間に、およそ100個の卵を産む。

各温度条件下での生活史は、15°Cで12日、20°Cで6日、25°Cで4~5日、30°Cで3日、そして、33°Cでも3日である。温度が上がると生長ははやくなり、1世代に要する時間は短くなる。しかし、ある温度を越えると、生育上の障害が起こるとともに増殖が抑制される。33°C以上では増殖がみられない。発育限界温度としては9.5°Cが示されている。1世代の所要日数について、Aphelenchoidea上科に属する他の線虫と比較しても、マツノザイセンチュウは発育のはやいグループに入る。

マツノザイセンチュウはマツ樹体内で旺盛に繁殖する。個体数は針葉の変色などで外観的にも樹体の枯死がはっきり認められるころをピークとして、やがて漸減していく。このような時期に、分散型第3期幼虫が現れてくる。個体群の消長において起こった重要な質的变化といえることができる。樹体の枯死後、組織の変質は急速にすすみ、線虫にとっては悪化する生息環境において、より耐性を備えたステージとしての対応である。他のステージの幼虫とは形態的にも区別できる特徴をもち、特に体内貯蔵物質の存在が顕著である。近藤ら(1975)は分散型第3期幼虫体内の脂質の存在形態が、他のステージのものとは異なることを明らかにした。分散型第3期幼虫は脱皮して分散型第4期幼虫(=耐久型幼虫)へと進む。マツノマダラカミキリの体に保持されて直接的な分散を行うのが、分散型第4期幼虫であり、このステージはそのような適応を示している。マツノザイセンチュウ個体群の生活環において、分散型第3期幼虫の出現と、その分散型第4期幼虫への連続的移行は、昆虫伝播の他の線虫に今まで例をみない新たな生態上のパターンを示すものである。

2 マツノザイセンチュウ個体群の樹体内での消長

感染初期における線虫の動態を知るとは、樹体の発病に関与する線虫の役割を明らかにするうえで重要な手がかりとなり、特に樹体内における線虫個体群消長の出発点として重要な意味をもつ。発病機構解明のための研究もここに焦点を合わせているわけであるが、いまだに不明な点が多い。

線虫個体数の増加は、樹体の発病後、具体的には樹脂

滲出に異常が現れるころから認められ、苗木に対する接種実験の結果(真宮, 1974, 1975a)でいえば、接種後9~12日目まで樹体内の線虫個体数が接種頭数を上回る。

また、組織解剖の所見でもこの時期、樹脂道内に多くの卵がみられ、旺盛な増殖活動が示されている。線虫感染後発病までの時間的経過は、苗木と成木の間に大きな差のないことが明らかにされており、樹体内での線虫の増殖についても両者で同じように推移するものと考えられる。ただ生息空間の大きさの違いで、密度においては大きな差がでる。成木についての線虫個体数調査結果では、樹体に樹脂滲出の異常が現れてのち、しばらくは苗木の場合に比べ線虫密度が非常に低い。しかし、増殖活動は着実に進行しているのであり、結果的には病状が更にすすんだ段階で、樹体のどの部分からも線虫が検出される状況にいたって爆発的な線虫個体数の増加が観察される。肉眼的に針葉の変色が認められるころから、枯死までがその時期に当たる。多くの試料について調べた結果では、平均的にみて線虫密度は材絶乾重1g当たり1,000頭で、1万頭に達する場合もあった。この時期を個体数変動のピークとして、以後、樹体枯死後の時間的経過とともに線虫個体数は漸減する。糸状菌、細菌などの繁殖といった生物的要因、また、材の乾燥のような物理的要因によって、生息環境の変質は急速に進む。このような環境の変化に対応したステージとして分散型第3期幼虫の生物学的意義がある。個体群のなかで分散型第3期幼虫の占める割合は次第に高くなり、やがて材中にはこのステージだけとなる。

3 線虫の増殖とその食餌源

樹体内での線虫の生息場所は樹脂道であり、ここで摂食や生長、そして、増殖が行われている。この場所での旺盛な線虫の増殖を支えている食餌はなにか。菌食性でもあるこの線虫を、高等植物の細胞(カルス細胞)で養えることが証明され(田村・真宮, 1975)、マツ樹体の柔細胞(エピセリウム細胞、放射柔細胞など)が食餌源になっている可能性が高まった。酵母エキスとショ糖を主な成分とするRIEDELらの培地で形成させたアルファルファのカルス組織でマツノザイセンチュウは盛んな増殖を行う。生長調整物質だけを除いた同じ培地上で生育させたアルファルファの実生苗においては線虫の増殖はみられない。表皮細胞で保護される実生苗の組織に比べて、カルス細胞の細胞膜は薄く、線虫の摂食が容易であると考えられる。マツのエピセリウム細胞の細胞膜は薄い。なお、最近マツのカルス細胞でも線虫が増殖するという実験的証明が得られつつあり(田村, 1975)、樹体内での柔細胞摂食の可能性は一層大きくなった。

マツ樹体組織中に存在する脂肪酸について、その種類と量的関係が、マツの発病—枯死の経過で追求されている(宮崎, 1975)。そこで明らかにされた数種の脂肪酸のマツノザイセンチュウの増殖への影響を調べたところ、なかでもオレイン酸の増殖促進の効果が注目された(真宮, 未発表)。組織中のこれら脂肪酸が線虫増殖に及ぼす影響は、マツノザイセンチュウの脂肪酸との栄養学的な特異的關係という点でも興味深い。

マツ材組織中における糸状菌の生息は健全な木でも認められているし、また、樹体が発病してからは外部からの菌の侵入もある(小林ら, 1974, 1975)。菌食性でもあるマツノザイセンチュウの食餌源として、これらの糸状菌はどのような役割を果たすのか。線虫が盛んな増殖を行っている初期において、材の組織解剖学的な観察では、糸状菌菌糸の量的な広がり認められていない。少なくとも個体数増加の初めのうちは、糸状菌以外の食餌源が利用されていると考えられる。しかしなお、線虫の生活環全体を通じて、材組織中の糸状菌と線虫の関係についてはいろいろな観点から追求されるべき問題として残されている。

4 マツノマダラカミキリとのかかわりあい

年を越して、マツノマダラカミキリの幼虫が蛹室を作りだすころになると、この蛹室の周辺にマツノザイセンチュウの集合が始まる。春にかかって蛹室が出来上がるころには、蛹室の周囲における線虫の集合は一層顕著になる。このような集合現象に対しては「蛹室効果」の名を与えている。蛹室を囲む1~2mmの範囲の壁に集合しているのはすべて分散型第3期幼虫で、主に春材部仮道管につまるようにして入っている。5月に入り、マツノマダラカミキリが蛹化するころになって、分散型第3期幼虫は分散型第4期幼虫へと脱皮する。羽化のころになると分散型第4期幼虫は蛹室壁面に出てくる。そして、羽化を待って成虫の体へと移行を始める。移行した線虫は虫体の気門を経て気管内に保持される。

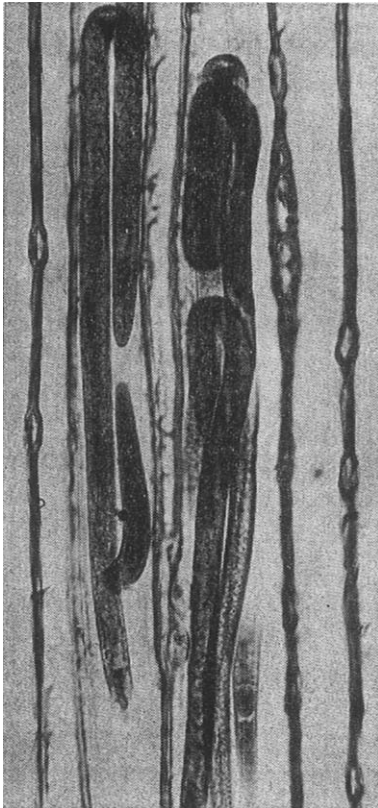
線虫の蛹室周辺への集合現象については、そのメカニズムなどまだ不明な点が多い。それを解く一つの試みとして、マツノマダラカミキリの虫体成分の効果が調べられている(宮崎, 1975)。マツノマダラカミキリの老熟幼虫のいる蛹室周辺材と、それ以外の部分の材からそれぞれ調整したn-ヘキサン抽出物について、ベトリ皿寒天平板上で生物試験を行ったところ、前者に対する線虫集合の反応が示された。また、マツノマダラカミキリ成虫体のアセトン抽出物のヘキサン転溶物は、同様の生物試験で強い集合活性を示していて、その主成分は脂肪系脂質である。蛹室周辺材からの抽出物が同じ化学物質で

あるかどうか関心のもたれるところであるが、マツノマダラカミキリ幼虫の排出する物質が蛹室壁面材に浸透して、線虫の集合ないし定着に効果を示しているとも考えられる。

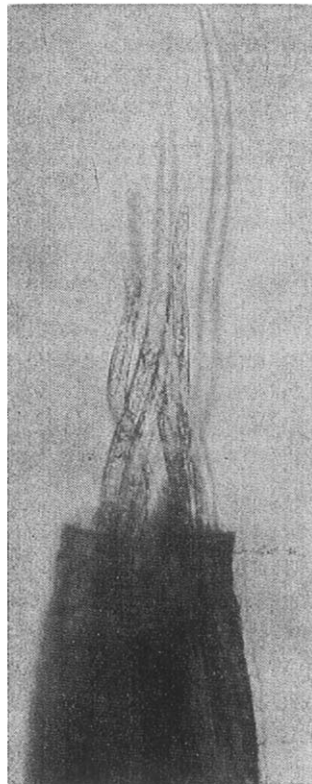
分散型第3期幼虫から分散型第4期幼虫への脱皮に関しては、マツノマダラカミキリとの相互関係が一つの問題点になる。分散型第3期幼虫の材中での脱皮はすべて分散型第4期幼虫へ進ませる。一方、水中あるいは寒天平板上に取り出した場合には、ほとんどが増殖型第4期幼虫へと脱皮する。ステージの進行を制御するなんらかの機構の存在が考えられる。石橋ら(1975)は、マツノマダラカミキリが蛹の時期に取り出した分散型第3期幼虫では、水中で一部分散型第4期幼虫へ進むのがみられるが、幼虫期に取り出した場合はそれがみられないことを示した。このようなことから、脱皮に際してのマツノマダラカミキリ存在の影響も予測される。脱皮の問題に関してはまた、温度条件の関与することが採り上げられている(真宮, 未発表)。分散型第3期幼虫の脱皮は、15°C以下では起こらず、20°Cを越えると速やかである。マツノマダラカミキリの蛹化の時期に前後して線虫の脱皮が起こる一つの条件として、このころの気温が考えられる。マツノマダラカミキリの生活史との対応がここにも示されていて、たくみな適応の結果ともいえよう。

マツノマダラカミキリの虫体には多数の線虫が保持されるが、平均的にみると1万頭を数える。25万頭という例もあった。虫体への移行、そして、気管内へと入っていく過程でどのようなメカニズムが働いているのか。一つのがかりとしてマツノザイセンチュウでも、他の線虫で示されているような、炭酸ガスに対する正の反応が明らかにされた(宮崎, 1975)。マツノマダラカミキリの羽化に至る経過で、呼吸中の炭酸ガス濃度が測定されたが、羽化時に最も高い濃度で排出されることから、この炭酸ガス濃度の変化が移行に際して大きな役割を果たしているのではないかと推測されている。

虫体への移行から体内への侵入経路、更に虫体からの離脱経路については次のようなことが明らかにされている(遠田, 1973)。翅鞘、翅、腹部、その他体表面に取り付いた線虫は、腹部気門のうちもっとも大きな第1気門(長径2mm)に集中し、ここから気管に侵入する。虫体からの離脱については、成虫の体表面における線虫の行動を観察した結果から、腹部第1~7気門から外にはい出した線虫は、主に腹部背面など体表面をはい尾端の刺毛に集まり、そして、後食中の虫体から離脱して枝へと移るといった経路が示された。線虫が腹部尾端の刺毛上



第1図 マツノマダラカミキリ蛹室周辺のマツノザイセンチュウ分散型第3期幼虫（仮道管につまるようにして入っているのがみられる）



第2図 マツノマダラカミキリの頭部から取り出した気管の中に入っているマツノザイセンチュウ分散型第4期幼虫（耐久型幼虫）（すべて同じ方向を向っていることに注意（遠田暢男氏原図））

に塊状に集中しているのが観察されている。線虫の離脱に際しても、伝播者から後食による枝の傷口へ効率よく移れるような仕組みのできていることがうかがえる。

III マツ樹体の発病機構

接種実験の結果では、線虫の侵入後 5~15 日間というごく短時間のうちに樹脂滲出の停止を目安とする樹体の異常が起こる。この早い時期での樹体の発病に関与する線虫の役割こそ、発病機構解明のための重要な鍵である。

組織解剖学的観察によると（真宮，1975 a），樹脂滲出異常はエピセリウム細胞の破壊に先行する現象として現れている。また、線虫の生息がみられるよりも前に、エピセリウム細胞、放射柔細胞の変成が随所で起こっており、これは線虫による組織の直接的破壊にかかわらない樹体の生理的な反応の一つの具体的徴候として注目される。線虫の生息が認められるようになると、エピセリ

ウム細胞の明らかな破壊がみられる。また、放射柔細胞の破壊も起こる。

樹体に侵入した線虫は速やかに樹体内を広く分散移動することが明らかにされている（橋本・清原，1972；橋本・清原，1973；橋本・讀井，1974）。樹脂滲出異常が現れる前のことである。このような早い時期での樹体各部への広い分散が、発病とどのように結びつくのか興味深い問題点である。苗木を使った枝からの接種で、接種直後から時間をおいて接種枝を切り落とす実験をやってみた（真宮，未発表）。それによると，24 時間後の切除でもその苗木は発病している。切除した時点では、接種枝以外の部分から検出される線虫個体数は非常に少ない（10 頭以下，接種頭数は 1 万頭）。このことは、この少ない個体数でも発病するというを示すと同時に、病気の拡大進展が必ずしも接種枝といった線虫侵入部分から起こるとはかぎらないことを示している。発病と関連して、線虫の分散移動のもつ意

味は大きいといえそうだ。

上にあげた例では、樹体内に分散したごくわずかな線虫でも発病と結びつくことが示唆されている。線虫の数と発病の関係については、接種頭数を変えた実験が行われている（橋本・清原，1973；橋本・讀井，1974）。30，300，3,000，3 万頭の各区については，30 頭の場合に発病がみられていない。この種の実験では接種頭数ではなく実際に分散移動できる線虫の数が問題になるのではなかろうか。つまり，接種頭数が少な過ぎると，成功率からいって樹体内へ侵入できる線虫がなくなることもある。

線虫の加害性と発病機構の関係をみていくうえで興味ある問題点を提起するものとして，ニセマツノザイセンチュウがある（真宮・遠田，1973）。この線虫は形態的にマツノザイセンチュウと非常に近似しており，また，マツノマダラカミキリとの関係などで同様な生態を示し

ている。ただ、マツに対する加害性がない点で大きく異なる。分布はマツノザイセンチュウよりも広く、マツ枯損の被害のない地域からも検出されている。いろいろな原因による衰弱木で、マツノマダラカミキリの産卵活動と生息に付随して発見される。わずかな形態上の差異（雌成虫あるいは幼虫の尾端の突起の形状で両者は区別される）が、マツに対する加害性発現での大きな違いを決定づけるという事実は、両者の比較検討を通して、線虫の加害機構の解明が可能なことを示唆していないだろうか。

発病に關する環境条件も重要である。温度条件が発病に及ぼす影響については、苗木に対する接種実験で 30°C、25°C で発病、枯死するが、20°C、15°C では発病しないという結果が示されている（清原, 1973）。マクロな局面では、被害発生地の立地上の問題点が、環境要因の解析を通じて追求され、更に将来の被害発生の可能性の有無まで論及される（竹下ら, 1975）。このような取り組みは、今後の疫学的なアプローチの手がかりを与

えるもので、マツノザイセンチュウ問題研究において重要な位置づけがなされる。

引用文献

- 遠田暢男 (1973) : 日本昆虫学会関東支部大会講演。
 石橋信義ら (1975) : 第 19 回応動昆虫大会講演要旨。
 橋本平一・清原友也 (1972) : 83 回日林講 329~331。
 ——— (1973) : 84 回日林講 330~331。
 ———・讃井孝義 (1974) : 85 回日林講 251~252。
 清原友也 (1973) : 84 回日林講 334~335。
 小林享夫ら (1974) : 日林誌 56 : 136~145。
 ———ら (1975) : 同上 57 : 184~193。
 近藤米造ら (1975) : 第 19 回応動昆虫大会講演要旨。
 真宮靖治 (1974) : 85 回日林講 249~251。
 ——— (1975 a) : 86 回日林講 285~286。
 ——— (1975 b) : 日線虫研誌 5 : 16~25。
 ———・遠田暢男 (1973) : 84 回日林講 328~330。
 ———ら (1973) : 同上 332~334。
 宮崎 信 (1975) : 第 25 回木材学会大会研究発表要旨。
 森本 桂 (1973) : 植物防疫 27 : 175~179。
 竹下敬司ら (1975) : 福岡県林業試験場時報 24 : 1~45。
 田村弘忠 (1975) : 森林防疫 24 : 196~199。
 ———・真宮靖治 (1975) : 86 回日林講 305~306。
 徳重陽山 (1971) : 植物防疫 25 : 480~484。

協会だより

一本 会

○第 4 回植物防疫研修会を開催す

全国農協共同組合の委託で、同組合関係従業員を対象にして第 1 回 (49 年 10 月 14~24 日)、第 2 回 (50 年 1 月 16~26 日)、第 3 回 (同年 9 月 3~13 日) に引き続いて、第 4 回の研修会を 51 年 1 月 19~29 日までの 11 日間、東京都渋谷区のオリンピック記念青少年総合センターで開催した。参加者 54 名が全課程を修了し、そ

れぞれに修了証書を授与した。

○出版部より

本会発行図書のお申込みは現金、小為替、振替貯金のいずれかの方法で前金でお願いしておりますが、現金及び小為替は 2~3 日で本会に届きますが、振替貯金は払い込みをされてから本会に届くまで 14~15 日ぐらいかかります。入金してから送本をいたしますので、お手元に届くのがだいぶおそくなります。この点お含みの上で御注文願います。

次号予告

次 4 月号は下記原稿を掲載する予定です。

- 昭和 51 年度植物防疫事業の概要 本宮 義一
 斑点米を発生させるカメムシ類
 —全国アンケート調査より— 岩田俊一・葭原敏夫
 果樹におけるカメムシ類の多発被害 (続報)
 —昭和 50 年 (1975) の被害実態— 梅谷 献二
 アメリカにおける斑点米に関する知見 長谷川 仁
 カメムシ類の人工飼育における諸問題 清水 喜一

植物防疫基礎講座

- 斑点米を発生させるカメムシ類の見分け方 立川周二・小林 尚・長谷川 仁
 ナス褐色腐敗病の生態と防除 吉野正義・橋本光司
 ユウガオ (カンピョウ) の新病害「灰色疫病」 斉藤司朗・高橋三郎
 病害による牧草飼料価値の低下 井澤 弘一

定期購読者以外の申込みは至急前金で本会へ

頒価改訂 1 部 300 円 送料 29 円

線 虫 分 類 学 の 現 状

——分類表の試み——

農林省農事試験場 おお しま やす おみ
大 島 康 臣

植物に寄生加害し、あるいはその可能性のある線虫は現在約 110 属、1,500 種にのぼり、更に毎年 100 種近い新種が記載され増加の傾向にある。また、種類ばかりでなく目、科、属などの新設、改訂、整理もひんぱんに行われ、記載に用いられる形態的特徴はますます精細にわたり、種の識別には以前ならば観察困難なほどの微細な形態構造が今では普通に問題にされるようになった。

このように細分化し、変化の激しい線虫分類学の現状では、線虫類の全体にわたる大きな分類群及び各群内の科、属、種のすべての関係に精通することは容易でない。したがって「成書は本として出たとき既に時代おくれ」とのそしりは線虫分類学に関して最もよく当てはまる。

本稿は、筆者が「日本線虫研究会誌」第 3 巻 42~44 ページ (1973) に資料として登載した「線虫分類表」に最近の知見を加えて修正したものである。当然のことながら議論の分かれるところが多く、本来なら、それらの説、論議を列挙し、編者の判断・処理の具体的根拠を提示して責任の所在を明確にすべきであるが、文献とともに省略せざるをえなかった。種名の網羅も、数十ページを要するため諦め、かわりに主要属の種類数を(カッコ)に入れて示した。また、和名の確定している普通種の主なものについてその分類上の位置を示した。高等植物寄生以外の生態をとる線虫、例えば昆虫寄生種、菌で繁殖する種類などについてもそのことを標示した。

線虫動物門は 2 綱、11 目に分けられる膨大な動物群であるが、ここでは Tylenchida と Dorylaimida 2 目の、しかも主として高等植物と関係の深い線虫の分類に止めた。

線虫動物門 NEMATODA (RUDOLPHI, 1808)

LANKESTER, 1900

A. 幻器綱 SECERNENTEA (LINSTOW, 1905)

DOUGHERTY, 1959

目 Tylenchida (FILIPJEV, 1934) THOMAS, 1948

a 亜目 Tylenchina (ORLEY, 1880) GERAERT, 1966

I 上科 Tylenchoidea (ORLEY, 1880) CHITWOOD et CHITWOOD, 1937

1) 科 Tylenchidae ORLEY, 1880

i) 亜科 Tylenchinae (ORLEY, 1880)

MARCINOWSKI, 1909

Tylenchus BASTIAN, 1865 (30)

Cephalenchus (GOODEY, 1962)

GOLDEN, 1971

Aglenchus (ANDRÁSSY, 1954)

MEYL, 1961

Malenchus ANDRÁSSY, 1968

Miculenchus ANDRÁSSY, 1959

Pleurotylenchus SZCZYGIEL, 1969

ii) 亜科 *Psilenchinae* PARAMONOV, 1967

Psilenchus de MAN, 1921 (11)

Neopsilenchus THORNE et MALEK,

1968 (1)

Basiria SIDDIQI, 1959

(13)

Basiroides THORNE et MALEK,

1968 (3)

Clavilenchus (JAIRAJPURI, 1966)

THORNE et MALEK, 1968 (3)

iii) 亜科 *Ditylenchinae* GOLDEN, 1971

Ditylenchus FILIPJEV, 1936 (46)

(Syn. *Chitinotylenchus*)

D. dipsaci

ナミクキセンチュウ

D. destructor

イモグサレセンチュウ

D. myceliophagus

キノコセンチュウ

Diptenchus KHAN, CHAWLA et

SESCHADRI, 1969

iv) 亜科 *Pseudhalenchinae* SIDDIQI, 1971

Pseudhalenchus TARJAN, 1958 (3)

v) 亜科 *Dactylotylenchinae* WU, 1969

Dactylotylenchus WU, 1969 (2)

vi) 亜科 *Tylodoridae* ALLEN et SHER, 1967

Tylodorus MEAGHER, 1963 (1)

vii) 亜科 *Sychnotylenchinae* (PARAMONOV,

1967) GOLDEN, 1971

Sychnotylenchus RÜHM, 1956 (昆虫)

Neoditylenchus MEYL, 1961 (昆虫)

2) 科 Anguinidae (PARAMONOV, 1962)

SIDDIQI, 1971

i) 亜科 *Anguininae* PARAMONOV, 1962

Anguina SCOPOLI, 1777 (20)

A. tritici

コムギツブセンチュウ

Cynipanguina MAGGENTI, HART

et PAXMAN, 1974

Paranguina KIRJANOVA, 1955 (1)

Subanguina PARAMONOV, 1967

3) 科 *Tylenchorhynchidae* (ELIAVA, 1964)

- GOLDEN, 1971
(イシユクセンチュウ)
- i) 亜科 Tylenchorhynchinae ELIAVA, 1964
Tylenchorhynchus COBB, 1913 (59)
Quinisulcius SIDDIQI, 1971 (10)
Sauertylenchus SHER, 1974 (1)
Triversus SHER, 1973 (1)
Uliginotylenchus SIDDIQI, 1971 (5)
- ii) 亜科 Merliniinae SIDDIQI, 1971
Merlinius SIDDIQI, 1970 (42)
Geocenamus THORNE et MALEK, 1968 (3)
Nagelus THORNE et MALEK, 1968 (1)
- iii) 亜科 Leipotylenchinae SHER, 1973
Leipotylenchus SHER, 1973 (1)
- iv) 亜科 Trophurinae PARAMONOV, 1967
Trophurus LOOF, 1956 (8)
Macrotrophurus LOOF, 1958 (1)
Paratrophurus ARIAS, 1970 (3)
- 4) 科 Dolichodoridae (CHITWOOD et CHITWOOD, 1950) SKARBILOVICH, 1959
- i) 亜科 Dolichodorinae CHITWOOD et CHITWOOD, 1950
Dolichodorus COBB, 1914 (10)
Brachydorus GUIRAN et GERMANI, 1968 (1)
- ii) 亜科 Antarctenchinae SPAULL, 1972
Antarctenchus SPAULL, 1972 (1)
- 5) 科 Belonolaimidae (WHITEHEAD, 1959) SIDDIQI, 1970
- i) 亜科 Belonolaiminae WHITEHEAD, 1959
Belonolaimus STEINER, 1949 (6)
Morulaimus SAUER, 1966 (6)
Carphodorus COLBRAN, 1965 (1)
- ii) 亜科 Telotylenchinae SIDDIQI, 1960
Telotylenchus SIDDIQI, 1960 (4)
Telotylenchoides SIDDIQI, 1971 (2)
Histotylenchus SIDDIQI, 1971 (3)
Trichotylenchus WHITEHEAD, 1959 (3)
- 6) 科 Pratylenchidae (THORNE, 1949) SIDDIQI, 1963
- i) 亜科 Pratylenchinae THORNE, 1949
Pratylenchus FILIPJEV, 1936 (43)
P. coffeae
ミナミネグサレセンチュウ
P. convallariae
スズランネグサレセンチュウ
P. crenatus
ノコギリネグサレセンチュウ
P. loosi
チャネグサレセンチュウ
P. neglectus
ムギネグサレセンチュウ
I. penetrans
キタネグサレセンチュウ
- P. vulnus*
クルミネグサレセンチュウ
P. zeae
モロコシネグサレセンチュウ
Radopholoides DE GUIRAN, 1967 (2)
Hoplotylus s'JACOB, 1959 (1)
- ii) 亜科 Radopholinae ALLEN et SHER, 1967
Radopholus THORNE, 1949 (23)
R. similis
ミカンネモグリセンチュウ
Hirschmanniella LUC et GOODEY, 1963 (18)
H. oryzae
イネネモグリセンチュウ
Zygotylenchus SIDDIQI, 1963 (2)
Pratylenchoides WINSLOW, 1958 (7)
Apratylenchoides SHER, 1973 (1)
- 7) 科 Hoplolaimidae (FILIPJEV, 1934) WIESER, 1953
- i) 亜科 Hoplolaiminae FILIPJEV, 1934
Hoplolaimus DADAY, 1905 (19)
Aorolaimus SHER, 1963 (6)
Scutellonema ANDRÁSSY, 1958 (30)
Peltamigratus SHER, 1963 (10)
- ii) 亜科 Rotylenchinae GOLDEN, 1971 (ラセンセンチュウ)
Rotylenchus FILIPJEV, 1936 (20)
Helicotylenchus STEINER, 1945 (87)
Antarctylus, SHER 1973 (1)
- iii) 亜科 Rotylenchoidinae WHITEHEAD, 1958
Rotylenchoides WHITEHEAD, 1958 (4)
Acontylus MEAGHER, 1968 (1)
- iv) 亜科 Aphasmatylenchinae SHER, 1965
Aphasmatylenchus SHER, 1965 (2)
- I 上科 Heteroderoidea (FILIPJEV, 1934) GOLDEN, 1971
- 1) 科 Heteroderidae (FILIPJEV, 1934) SKARBILOVICH, 1947
- i) 亜科 Heteroderinae FILIPJEV, 1934
Heterodera SCHMIDT, 1871 (60)
H. avenae
ムギシストセンチュウ
H. cacti
サボテンシストセンチュウ
H. elachista
イネシストセンチュウ
H. glycines
ダイズシストセンチュウ
H. humuli
ホップシストセンチュウ
H. rostochiensis
ジャガイモシストセンチュウ
H. trifolii

- クロバーシストセンチュウ
Sarisodera WOUTS et SHER, 1971 (1)
- ii) 亜科 Ataloderinae WOUTS, 1973
Atalodera WOUTS et SHER, 1971 (1)
Sherodera WOUTS, 1973 (1)
- iii) 亜科 Meloidoderinae GOLDEN, 1971
 (ニセシストセンチュウ)
Meloidodera CHITWOOD, HANNON
 et ESSER, 1956 (3)
Cryphodera COLBRAN, 1966 (1)
Zelandodera WOUTS, 1973 (3)
- 2) 科 Meloidogynidae (SKARBILOVICH,
 1959) WOUTS, 1973
- i) 亜科 Meloidogyninae SKARBILOVICH,
 1959
Meloidogyne GOELDI, 1887 (32)
M. arenaria
 アレナリアネコブセンチュウ
M. hapla
 キタネコブセンチュウ
M. incognita
 サツマイモネコブセンチュウ
M. mali
M. javanica
 ジャワネコブセンチュウ
M. thamesi
 テムズネコブセンチュウ
Meloinema CHOI et GERAERT,
 1973 (1)
- ii) 亜科 Meloidoderitinae SKARBILOVICH,
 1959
Meloidoderita POGHOSSIAN, 1966 (1)
- 3) 科 Nacobbidae (CHITWOOD et
 CHITWOOD, 1950) GOLDEN, 1971
- i) 亜科 Nacobbinae CHITWOOD et
 CHITWOOD, 1950
Nacobbus THORNE et ALLEN, 1944 (2)
Nacobbodera GOLDEN et JENSEN,
 1974
- ii) 亜科 Rotylenchulinae HUSAIN et
 KHAN, 1967
Rotylenchulus LINFORD et
 OLIVEIRA, 1940 (9)
R. reniformis
 ニセフクロセンチュウ
- 4) 科 Tylenchulidae (SKARBILOVICH, 1947)
 KIRJANOVA, 1955
- i) 亜科 Tylenchulinae SKARBILOVICH,
 1947
Tylenchulus COBB, 1913 (3)
T. semipenetrans
 ミカンネセンチュウ
Trophotylenchulus RASKI, 1957 (2)
- 5) 科 Sphaeronematidae (RASKI et SHER,
 1952) GERAERT, 1966
- i) 亜科 Sphaeronematinae RASKI et SHER,
 1952
Sphaeronema RASKI et SHER, 1952 (5)
Trophonema RASKI 1957 (1)
- Ⅲ上科 Criconematoidea (TAYLOR, 1936)
 GERAERT, 1966
- 1) 科 Criconematidae (TAYLOR, 1936)
 THORNE, 1949
- i) 亜科 Criconematinae TAYLOR, 1936
 (トゲワセンチュウ)
Criconema HOFMÄNNER et MENZEL,
 1914 (15)
Blandicephanema MEHTA et RASKI,
 1971 (2)
Crossonema MEHTA et RASKI,
 1971 (17)
Neolobocriconema MEHTA et RASKI,
 1971 (2)
Pateracephalanema MEHTA et
 RASKI, 1971 (4)
- ii) 亜科 (Criconemoidinae)
Criconemoides TAYLOR, 1936 (14)
 (ワセンチュウ)
Hemicriconemoides CHITWOOD et
 BIRCHFIELD, 1957 (21)
H. kanayaensis
 カナヤサヤワセンチュウ
Bakernema WU, 1964 (2)
Lobocriconema DE GRISSE et LOOF,
 1965 (10)
Nothocriconema DE GRISSE et LOOF,
 1965 (21)
Nothocriconemoides MAAS, LOOF et
 DE GRISSE, 1971 (1)
Xenocriconemella DE GRISSE et LOOF,
 1965 (1)
Criconemella DE GRISSE et LOOF,
 1965 (4)
Discocriconemella DE GRISSE et
 LOOF, 1965 (11)
Macroposthonia DE MAN, 1880 (38)
- iii) 亜科 Hemicycliophorinae
 SKARBILOVICH, 1959
Hemicycliophora DE MAN, 1921 (58)
Calloosia SIDDIQI et GOODEY,
 1963 (2)
- 2) 科 Paratylenchidae (THORNE, 1949)
 RASKI, 1962
- i) 亜科 Paratylenchinae THORNE, 1949
 (ピンセンチュウ)
Paratylenchus MICOLETZKY, 1922 (47)
Gracilacus RASKI, 1962 (20)
Paratylenchoides RASKI, 1973 (2)
Cacopaurus THORNE, 1943 (1)
- Ⅳ上科 Atylenchoidea (SKARBILOVICH, 1959)

- GOLDEN, 1971
- 1) 科 Atylenchidae SKARBILOVICH, 1959
- i) 亜科 Atylenchinae SKARBILOVICH, 1959
- Atylenchus* COBB, 1913 (1)
- Eutylenchus* COBB, 1913 (2)
- V 上科 Neotylenchoidea (THORNE, 1941)
- JAIRAJPURI et SIDDIQI, 1969
- 1) 科 Neotylenchidae (THORNE, 1941)
- THORNE, 1949
- Hexatylus* GOODEY, 1926
- (Syn. *Neotylenchus*, *Scytalenchus*)
- Deladenus* THORNE, 1941
- Gymnotylenchus* SIDDIQI, 1961
- Hadrodenus* MULVEY, 1969
- 2) 科 Paurodontidae (THORNE, 1941)
- MASSEY, 1967
- i) 亜科 Paurodontinae THORNE, 1941
- Paurodontus* THORNE, 1941
- Paurodontoides* JAIRAJPURI et SIDDIQI, 1969
- Paurodontella* HUSAIN et KHAN, 1968
- Stictylus* THORNE, 1941
- Boleodorus* THORNE, 1941 (9)
- ii) 亜科 Misticiciinae MASSEY, 1967
- Misticicus* MASSEY, 1967 (昆虫)
- Anguillonema* FUCHS, 1938 (昆虫)
- 3) 科 Nothotylenchidae (THORNE, 1941)
- JAIRAJPURI et SIDDIQI, 1969
- i) 亜科 Nothotylenchinae THORNE, 1941
- Nothotylenchus* THORNE, 1941 (24)
- N. acris* イチゴメセンチュウ
- Nothanguina* WHITEHEAD, 1959 (1)
- Thada* THORNE, 1941
- Dorsalla* JAIRAJPURI, 1966
- Sakia* KHAN, 1964 (Syn. *Basilophora*)
- ii) 亜科 Boleodorinae KHAN, 1966
- Boleodoroides* MATHUR, KHAN et PRASAD, 1966 (2)
- iii) 亜科 Halenchinae JAIRAJPURI et SIDDIQI, 1969
- Halenchus* COBB, 1913
- 4) 科 Ecphyadophoridae SKARBILOVICH, 1959
- i) 亜科 Ecphyadophorinae SKARBILOVICH, 1949
- Ecphyadophora* DE MAN, 1921
- Ecphyadophoroides* CORBETT, 1964
- 5) 科 Sphaerulaidae LUBBOCK, 1861 (昆虫)
- 6) 科 Myenchidae PEREIRA, 1931 (昆虫)
- 7) 科 Helionematidae BRZESKI, 1962 (昆虫)
- b 亜目 Aphelenchina (FUCHS, 1937) GERAERT, 1966
- I 上科 Aphelenchoidea (FUCHS, 1937) THORNE, 1949
- 1) 科 Aphelenchidae (FUCHS, 1937) STEINER, 1949
- (Syn. Paraphelenchidae (GOODEY, 1951) GOODEY, 1960)
- Aphelenchus* BASTIAN, 1865 (菌) (11)
- A. avenae*
- ニセネグサレセンチュウ
- Paraphelenchus* (MICOLETZKY, 1922) MICOLETZKY, 1925 (菌)
- 2) 科 Aphelenchoididae (SKARBILOVICH, 1947) PARAMONOV, 1953 (Syn. Anomyctidae GOODEY, 1960)
- Aphelenchoides* FISCHER, 1894 (96)
- (Syn. *Pseudaphelenchoides*, *Asteroaphelenchoides*)
- A. besseyi*
- イネシンガレセンチュウ
- A. fragariae* イチゴセンチュウ
- A. ritzemabosi*
- ハガレセンチュウ
- Aprutides* Scognamiglio, TALAMÈ et s'JACOB, 1970
- Bursaphelenchus* FUCHS, 1939 (菌, 昆虫, 植物)
- B. lignicolus*
- マツノザイセンチュウ
- Cryptaphelenchus* (FUCHS, 1937) RÜHM, 1954 (昆虫)
- Cryptaphelenchoides* GOODEY, 1960 (昆虫)
- Ectaphelenchus* (FUCHS, 1937) SKRJABIN et al., 1954 (昆虫)
- Huntaphelenchoides* NICKLE, 1970 (菌)
- Laimaphelenchus* FUCHS, 1937 (腐)
- Megadorus* GOODEY, 1960 (土, 植)
- Parasitylenchus* FUCHS, 1929 (昆虫)
- Rhadinaphelenchus* GOODEY, 1960 (昆虫, 植)
- Ruehmaphelenchus* GOODEY, 1963 (昆虫)
- Omemea* MASSEY, 1971
- Schistonchus* (COBB, 1927) FUCHS, 1937 (昆虫)
- Seinura* FUCHS, 1931 (線虫) (25)
- Paraseinura* TIMM, 1960 (線虫)
- Spheraphelenchus* NICKLE, 1970 (菌, 昆虫)
- Tylaphelenchus* RÜHM, 1956 (コケ類, 昆虫)
- Anomyctus* ALLEN, 1940 (土)
- 3) 科 Entaphelenchidae NICKLE, 1970
- Entaphelenchus* WACHEK, 1955 (昆虫)
- Peraphelenchus* WACHEK, 1955 (昆虫)
- Praecocilenchus* POINAR, 1969 (昆虫)
- Roveaphelenchus* NICKLE, 1970 (昆虫)

B. 尾腺綱 ADENOPHOREA (LINSTOW, 1905)
DOUGHERTY, 1959

目 Dorylaimida PEARSE, 1942

亜目 Dorylaimina (CHITWOOD, 1933) PEARSE, 1936

I 上科 Dorylaimoidea (DE MAN, 1876)
THORNE, 1934

1) 科 Dorylaimidae DE MAN, 1876

⋮

6) 科 Longidoridae (THORNE, 1935) MEYL, 1961

Longidorus (MICOLETZKY, 1922)

FILIPJEV, 1934 (33)

(ナガハリセンチュウ)

Paralongidorus SIDDIQI, HOOPER
et KHAN, 1963 (23)

Xiphinema COBB, 1913 (60)

(オオガタハリセンチュウ)

II 上科 Actinolaimoidea THORNE, 1967

1) 科 Actinolaimidae (THORNE, 1939) MEYL, 1961

⋮

6) 科 Mylodiscidae THORNE, 1967
III 上科 Leptonchoidea (THORNE, 1935) FERRIS, 1971

1) 科 Leptonchidae THORNE, 1935

⋮

7) 科 Encholaimidae GOLDEN et MURPHY, 1967

IV 上科 Belondiroidea THORNE, 1964

1) 科 Belondiridae THORNE, 1939

⋮

9) 科 Nygellidae JAIRAJ PURI, 1964

V 上科 Diphtherophoroidea CLARK, 1961

1) 科 Diphtherophoridae (MICOLETZKY, 1922) THORNE, 1955

Diphtherophora DE MAN, 1880 (19)

2) 科 Trichodoridae (THORNE, 1935)

CLARK, 1961

(ユミハリセンチュウ)

Trichodorus COBB, 1913 (27)

Paratrachodorus SIDDIQI, 1973 (16)

(文献調査でお世話いただいた農業技術研究所
一戸 稔博士に感謝いたします)

中 央 だ よ り

— 農 林 省 —

○植物防疫地区協議会開催さる

地方農政局主催の昭和 50 年度植物防疫地区協議会は
下記のとおり開催された。

北海道・東北地区 (青森県) 2 月 9~10 日

北 陸 地 区 (石川県) 2 月 18~19 日

東 海 近 畿 地区 (愛知県) 2 月 17~18 日

関 東 東 山 地区 (神奈川県) 2 月 19~20 日

中 国 四 国 地区 (岡山県) 2 月 9~10 日

九 州 地 区 (宮崎県) 2 月 19~20 日

議題は

全体会議として

北海道・東北地区

①北海道、東北における昭和 50 年度事業実施経過
と問題点

②全国における昭和 50 年度植物防疫事業の成果と
問題点

③昭和 51 年度植物防疫事業の推進と関係予算並び
に当面する諸問題

北陸地区

①植物防疫事業の昭和 50 年度実績と昭和 51 年度
の事業計画

②北陸における昭和 50 年度植物防疫事業の実施状
況

③最近における農薬の検査状況

④最近における検疫状況

⑤各県における植物防疫事業の昭和 50 年度実績と

昭和 51 年度の事業推進

東海近畿地区

①昭和 50 年度植物防疫事業の成果と昭和 51 年度
の事業方針

②昭和 51 年度事業の予算要求

③農薬の登録及び取締りの現状

④植物検疫の現況と今後の見通し

⑤地方局管内における植物防疫の現状と問題点

関東東山地区

①昭和 50 年度管内における植物防疫事業の実施状
況と問題点

②昭和 50 年度全国における植物防疫事業の成果と
問題点

③昭和 51 年度植物防疫事業の推進方針と関係予算
並びに当面する諸問題

④農薬登録検査の現況

⑤植物検疫の現況

中国四国地区

①昭和 51 年度予算の概要及び新規事業の推進方針

②カメムシ類の防除対策

九州地区

①昭和 50 年度事業経過と昭和 51 年度事業の推進
方針

②農薬問題

③植物検疫実施状況

④海外リポート (タイの病虫害とその防除)

を取りあげて説明、質疑応答が行われた。

分科会は、予察分科会、防除分科会、農薬分析分科会
に別れてそれぞれ問題点を討議した。

線 虫 の 総 合 防 除

農林省北海道農業試験場 いな 稲 がき 垣 はる 春 お 郎

ま え が き

数年前、“総合防除”という言葉初めて聞いた時、正直いって筆者は、直感的にそれを“総合的防除”と置き換えて、“複数の病害虫を同時に防除すること”といったぐらいに解釈したものである。それなら大して難しい考え方でもないし、程度の差こそあれ、昔からやっていたことと変わりはないと考えた。

ところが、“総合防除”の定義を読んでもと“各種の防除手段を互いに矛盾しないように有機的に調和させながら併用することにより、被害が経済的許容水準以下に維持されるように害虫の発生を統御する防除体系”となっていて、一読しただけでは理解しにくいぐらいのものであった。これは、よくよく考えてみると、大部分が生態学の範ちゅうに入るものであることが分かってきたのである。

この FAO の定義にもあるように、“総合防除”の考え方は主として害虫防除の部面で提起され、重要視されているものである⁴⁾。そしてそれは、第2次大戦後急速に進んだ農業、とりわけ殺虫剤の過剰使用によって引き起こされた直接的、間接的な環境汚染あるいは食物汚染などへの反省から出発している。

線虫防除の部面では、この“総合防除”の考え方はかなり以前からあり、欧米の文献には“Integrated control”, “Integration of control measures”, “Harmonious control”などの言葉としてよく現れている。植物寄生性線虫は、一部のものを除いて、大部分は土壤中に生息しているため、いきおい、例えば薬剤処理といった1種類だけの手段で防除することが難しい。土壤そのものの理化学的平衡作用に加えて、そこに生息する微生物群の生態系そのものも極めて幅広い平衡作用を持っているためである⁵⁾。土壤微生物は概して、密度変動の速度は遅いが、密度の回復力は地上の生態系よりはるかに強い。線虫もこの一員として、その生態系の構成に重要な役割を果たしている¹³⁾。

それは、線虫それ自体の生物としての働きと同時に、土壤中の生態系の中で、よく言われる“地力”変動要因の重要な factor となっている。自由生活性線虫を含めれば、線虫の住めないような土壌には植物は育たないと言っても過言ではない。その排出物や死がいを通して

“地力”維持に重要な貢献をしているのである。この中から、作物に被害を与える特定の植物寄生性線虫のみを防除しようとする、当然のことながら、“皆殺し作戦”のような手段はとれなくなる。どうしても“総合防除”的発想が必要となってくる。

本稿では、植物寄生性線虫の総合防除といった点に焦点を絞って、その被害や防除手段の組み合わせなどについて論じてみたい。

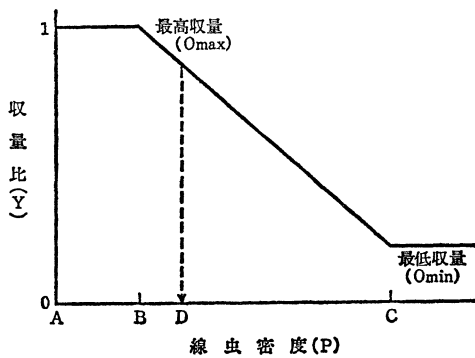
I 線虫による被害

総合防除を考えるにはその前提としてまず“被害の経済的許容水準”(Economic Injury Level, EIL と略称)を各作物について確定しなければならない。しかし、この EIL はその時々あるいはその地方ごとの経済的、社会的諸条件によって大きく左右され、一律に求めることは難しい。このことは、1973 年 4 月、長野市で開催された日本応用動物昆虫学会第 17 回大会の EIL に関するシンポジウムでも各演者が指摘し、それぞれの角度から論議を展開している。この中で西沢⁵⁾は、土壌線虫の場合には EIL というより、まず、各作物の被害耐性限界 (damage tolerance limit) を確定することが先決であるとしている。確かに、線虫部門の場合、線虫密度と各作物の受ける被害との関係、すなわち、被害解析に関する研究は昆虫部門より遅れており、EIL を論じるにはデータが不足している。それは、土壌中における線虫の発生動態を質的、量的に的確に把握し、それに及ぼす環境諸要因の影響を総合的に記録することが難しいという理由によるところが大きい。

もちろん、線虫部門にも被害解析に関する数多くの研究データがある。ただ残念なことには、その多くのものが特殊な実験的条件下でのデータであるために普遍性に乏しい。SEINHORST⁹⁾ は数多くの実験例から線虫密度と収量の関係を数学モデル化して次の式を与えている。

$$Y = \frac{O_p - O_{\min}}{O_{\max} - O_{\min}} = CZP = ZP - T$$

ここで Y は収量比、 O_p は線虫密度 P のときの収量、 $O_{\max}$ は線虫が全く存在しないときの収量、 $O_{\min}$ はこれ以上いくら線虫密度が増えても減少しない最低収量、C は定数、Z は 1 より小さい定数、そして、T は収量の減少を来さない線虫密度の限界、である。



第 1 図

このTが tolerance limit (被害耐性限界)であるが、線虫や作物の種類、及び環境諸条件によって左右されるものである。上の式を模式的に図示すると第1図のようである。

ここでA点は線虫が存在しないで最高収量 (O_{max}) が得られ、B点はここまで線虫密度が増えても収量は減少しない、C点はこれ以上線虫密度が増えてもこれ以上収量は減少しない (最低収量= O_{min}) それぞれの線虫密度を示している。これから分かるように、B点はこれ以上高くなると収量が減少し始める線虫密度、すなわち tolerance limit である。EIL はこの tolerance limit を過ぎた所 (～D～) にあるわけで、それはその作物の経済的価値によって定まる。

このモデルは一般的な線虫の被害に関するもので、ウイルス媒介線虫などについては $Y=Z^P$ なる式が与えられている。実際には土壤中での線虫による加害様式は複雑で⁹⁾、病原細菌や病原菌類との複合⁷⁾などもあり、これらを考えに入ると、EIL を知り、要防除線虫密度を確定することは極めて複雑な様相を呈してくる。また、永年性作物の果樹や牧草のような場合には経年的な線虫密度の変動があり、防除の要不要の判断が難しい。

一方、大部分の一般的ケースでは、線虫による被害は作物の生育初期に多いことや、土壤中線虫密度は変動が少ないことなど、比較的有利な条件もある。これらについては、作付前に土壤中の線虫密度を測定することによって、作物の被害程度を予知し、したがって防除の要不要を判断することも不可能ではない。そのためには個々の作物、個々の線虫、それに栽培条件を組み合わせた数多くの実験データを蓄積し、先のモデル式に必要な factor を提供して、まず tolerance limit を確定することが先決である。そして、実際面では線虫密度を予知するための組織的検診体制の確立が必要である。

II 防除手段とその組み合わせ

線虫防除に関する書物をひもとくと、まず例外なしに次のような手段の分類が載っている。

物理的防除——熱、乾燥、電気、放射線、超音波

化学的防除——殺線虫剤

生物的防除——天敵

耕種的防除——輪作、休閒、抵抗性品種、湛水、捕獲
または拮抗作物、作付時期、有機質施用、ほ場衛生、健全種苗育成、その他

本節ではこれらすべてについて言及するつもりはない。この中には病害虫防除上常識的なものから、実用にはほど遠い、学問的興味しかないものまで、いろいろなものが含まれている。ここでは輪作、抵抗性品種、殺線虫剤のみを取り上げて論じることにする。

耕作土壌中に生息する植物寄生性線虫の種類と密度を決定する最大の要因は、そこに栽培される作物の種類である^{6,10)}。すなわち、線虫の種類によって寄主選択性が異なるために、作物の種類によって線虫相が変化し、密度が変動する。したがって、あるほ場に同じ作物ばかり栽培しないで、異なった種類の作物を栽培すると、線虫による被害を回避しつつ、線虫密度を増やさないという効果が得られる。すなわち、輪作という手段が線虫を防除する上で有効となってくる。しかも、この輪作のメリットは既に一般農家にとって常識となっており、線虫防除手段の一つとして取り入れることが容易である。しかも、輪作によれば土壌中の微生物生態系を大きく乱すことなく、互いに拮抗作用のバランスを失うことも少ない。

ただ、線虫の種類によって寄主範囲が異なり、ある種類はごく限られた種類の作物にしか寄生しないのに対し、他の種類は極めて多犯性であるという点を忘れることができない。概して言えば、シストセンチュウ類は寄主範囲が狭く、ネコブセンチュウ類がこれに次ぎ、ネグサレセンチュウ類は多犯性のものが多い。また、線虫の種類によって土壌中での生存年限が異なり¹²⁾、シストセンチュウ類は一般に数年以上と長い。これらの点を考慮して、輪作体系に組み入れる作物の種類とサイクルの長さを決定しなければならない。

次に作物の品種抵抗性であるが、多くの作物では品種によって線虫に対する感受性が異なり、線虫に対して抵抗性を持つ品種も多い。この抵抗性品種では、たとえ線虫の寄生を受けても線虫は成熟せず、密度は増加しない。むしろ、侵入幼虫が根組織中で死亡することが多い⁸⁾ので、結果的に線虫密度は低下する。したがって、この抵抗性品種を、単に線虫の被害を回避するという消極的な

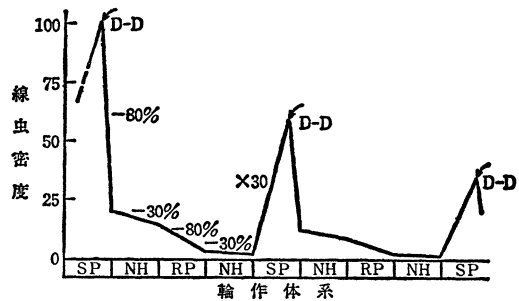
目的だけでなく、積極的に線虫密度を低下させる目的で、線虫防除手段の一つとして用いることができる。

抵抗性品種における問題点の一つは、品種抵抗性を破る線虫の系統が出現することである。これを防ぐには、抵抗性品種といえども同じ品種ばかり用いないことが大切で、それと同時に、新しい線虫の系統を克服するために、絶えず抵抗性品種の育成に取り組んでいなければならない。

第3は殺線虫剤であるが、従来は根絶剤 (eradicator) 的な考え方の薬剤が多かったのに対し、近年は阻害剤 (inhibitant) 的なものが増えてきている。クロルピクリン、D-D、EDB、DBCP などの土壌くん蒸剤が前者に属し、後者ではカーバメート系など各種の浸透性殺線虫剤が開発されてきている。従来の殺線虫剤は、作物に対する薬害、人畜への毒性、更には環境汚染の心配など多くの問題点があったが、実際、農家を使用する場面で最も大きな問題は薬剤費が高いことであった。粗収入の5%程度しか農薬費にかけられないとする畑作地帯では農家独自で殺線虫剤を用いる余裕はなく、単位面積当たり収益の多い園芸作物や、政府、自治体、その他の機関による援助がある場合に使用される程度であった。このように殺線虫剤の使用は限られているため、線虫防除における殺線虫剤に対する依存度は害虫防除における殺虫剤に対するそれよりはるかに低い。とはいえ、特に線虫の高密度は場では、殺線虫剤処理による防除効果が高く、有力な線虫防除手段の一つであることは疑いない。最近開発が進んできている浸透性殺線虫剤を含めて、より安全な、より効率的な使用条件を作ることが要請される。

さて、“総合防除”の考えに従って、これらの防除手段を有機的に調和させながら組み合わせなければならない。いろいろな前提条件を一応無視して、基本的に組み合わせるならば、輪作を主軸とし、これに抵抗性品種を組み入れ、必要に応じて殺線虫剤を用いる、という一つのシステムが考えられる。輪作と殺線虫剤の組み合わせは以前から提唱され、実行されてきたが、最近の抵抗性品種開発の進歩によって、これを線虫防除体系の中に積極的に取り入れようとする考えが世界的に広まりつつある。

ここで、最近オランダから得たジャガイモシストセンチュウ防除に関するデータについて言及してみたい。オランダではこの線虫を防除するために、抵抗性品種の育成が盛んで、実用に供されているものも多い。更に、これを支えるものとして全国的な土壌中線虫密度の検診と指導のための機関が整備されている。第2図は感受性及



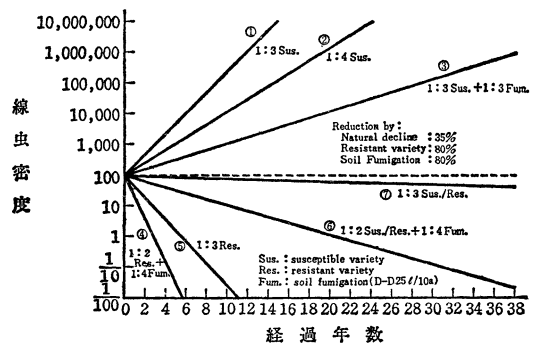
第2図 SP: susceptible potatoes ×30
RP: resistant potatoes -80%
NH: non-host crop -30%
D-D: 25 l/10a -80%
(NOLLEN 氏提供, 1975.3, 本文説明参照)

び抵抗性ジャガイモ品種、非寄主作物、それに D-D 処理を組み合わせたシステムによるジャガイモシストセンチュウの密度変動を模式的に示したものである。

ここで、感受性ジャガイモ品種を栽培すると線虫密度は30倍となり、抵抗性品種の栽培、D-D (25 l/10a) 処理それぞれによって80%、非寄主作物の栽培によって30%線虫密度が減少するという仮定に立っている。この仮定は、従来の種々のデータからみて妥当なものと考えられるので、もしこのようなシステムを採れば、土壌中線虫密度は当然この図のようになると考えられる。この図からも分かるように、もし途中で感受性品種を栽培しなければ、線虫密度はもっと早く低下するに違いない。感受性品種をこのシステムの中に組み入れるかどうかは、その品種に対する市場の好悪や経済性によって判断されることであり、それに見合って殺線虫剤処理を組み入れることになる。

次に、いろいろな組み合わせについて、経年的な線虫密度の変化を图示したものが第3図である。

ここでは第2図の場合のほかに、線虫密度の自然低減



第3図
(NOLLEN 氏提供, 1975.3, 本文説明参照)

率を 35% と仮定している。主なラインの意味は次のようである。①：3年に1回感受性ジャガイモ品種を栽培すると、他は非寄主作物を栽培しても、線虫密度は15年間で10万倍に達する。③：①のケースに3年に1回D-D (25 l / 10 a) 処理を加えると、線虫密度は当初の1万倍に達するのに38年を要する。④：抵抗性品種と非寄主作物を交互に栽培し、4年に1回D-D処理をすると、線虫密度は6年目で1万分の1に低下する。⑥：④のケースで感受性品種を抵抗性品種と交互に栽培すると、線虫密度が千分の1以下に低下するのに38年を要する。

更に、この図の⑥で示されているように、3年に1回抵抗性品種を栽培し、他は非寄主作物を栽培するだけで、線虫密度は11年目で1万分の1に低下することになり、ジャガイモシストセンチュウ防除において抵抗性品種の役割が非常に大きいことが分かる。オランダでは、これまで既に線虫防除を続けてきた結果、線虫密度は全般的にかなり低下しているので、大抵の場合には⑦のケース、つまり3年に1回ジャガイモを作ることにして、感受性品種と抵抗性品種を交互に入れて行くという作付体系をとればよいとされている。

以上のような、ジャガイモシストセンチュウ防除を目的とした輪作+抵抗性品種+殺線虫剤の組み合わせはイギリス、両ドイツ、ソビエト連邦¹¹⁾、その他各国で既に実用段階に入っており、アメリカを含め、国際ばいしょセンター (CIP, 在パルー) においても、抵抗性品種の育成に特に力が注がれている。

この防除体系はジャガイモシストセンチュウのみならず、その他大部分の線虫について原則的に当てはまるもので、これに肥培管理上の諸事項を肉づけして行けば、農業上の、少なくとも経済的な線虫の被害は大部分除去できるものと考ええる。

なお、本論では、作物の地上部を犯す線虫については言及しなかった。また、果樹や牧草のような永年性作物、更にはマツノザイセンチュウのような昆虫によって媒介

される線虫の場合などについては、それぞれ若干ずつ異なった対策が必要であることのみを記しておきたい。

あ と が き

以上、線虫の総合防除と題して述べてきたが、多くの点に関してまだまだデータが足りず、的確な判断を下すことができない。我が国においても、被害解析の例を増やし、個々の作物と線虫の種類ごとに、被害耐性限界や経済的被害許容水準、そして、要防除線虫密度といった、具体的な指標を早く確定する必要がある。それと同時に、個々のほ場について、あらかじめ線虫の種類と密度を的確に知らせるための組織的な検診体制や指導体制の確立が急がれる²⁾。各分野関係者の努力を期待したい。

引 用 文 献

- 1) BAKER, K. F. and W. C. SNYDER (ed.) (1965) : Ecology of soil-borne plant pathogens, Prelude to biological control. Univ. of California Press.
- 2) BARKER, K. R. and C. J. NUSBAUM (1971) : Plant parasitic nematodes (ed. ZUCKERMAN, B. M. et al.) Vol. I : 281~301.
- 3) ENDO, B. Y. (1975) : Ann. Rev. Phytopath. 13 : 213~238.
- 4) 桐谷圭治・中筋房夫 (1971) : 農業技術 26 : 105~110.
- 5) 西沢 務 (1973) : 日本応動昆第 17 回大会講要 256~257.
- 6) NUSBAUM, C. J. and H. FERRIS (1973) : Ann. Rev. Phytopath. 11 : 423~440.
- 7) POWELL, N. T. (1971) : ibid. 9 : 253~274.
- 8) ROHDE, R. A. (1972) : ibid. 10 : 233~252.
- 9) SEINHORST, J. W. (1965) : Nematologica 11 : 137~154.
- 10) ——— (1970) : Ann. Rev. Phytopath. 8 : 131~156.
- 11) 梅村芳樹・稲垣春郎 (訳) (1974) : 北海道農試病理昆虫部資料 No. 1.
- 12) VAN GUNDY, S. D. (1965) : Ann. Rev. Phytopath. 3 : 43~68.
- 13) WALLWORK, J. A. (1970) : Ecology of soil animals. McGraw Hill.

植 物 防 疫

昭和 51 年

3 月 号

(毎月 1 回 30 日発行)

—禁 転 載—

第 30 巻 昭和 51 年 3 月 25 日印刷
第 3 号 昭和 51 年 3 月 30 日発行

編 集 人 植物防疫編集委員会

発 行 人 遠 藤 武 雄

印 刷 所 株式会社 双 文 社
東京都板橋区熊野町 13-11

実費 320 円 送料 29 円 1 年 3,360 円
(送料共概算)

— 発 行 所 —

東京都豊島区駒込 1 丁目 43 番 11 号 郵便番号 170

社団法人 日本植物防疫協会

電話 東京 (03) 944-1561~4 番
振替 東京 1 7 7 8 6 7 番

新発売!

りんごのふらん病、
うり類のつる枯病の
予防、治療に

トップジンM ペースト



病患部を削りとったあとや剪定、整枝時の切口、環状はく皮などの傷口などにハケでぬるだけで、組織のゆ合を促進し、病菌の侵入を防ぎます。



日本曹達株式会社

本社 東京都千代田区大手町2-2-1 100
支店 大阪市東区北浜2-90 541

本会刊行図書

農薬の商品名、一般名、化学名索引 (英文)

農林省農業技術研究所 上杉康彦 著

B 5 判 56 ページ

価 格 改 訂

国内価格 1,500 円 (送料とも) 海外価格 7.5 ドル (送料とも)

現在使用されている農薬の名称をアルファベット順に、また、個々に一般名 (それを採用または推奨している機関名)、殺虫剤・殺菌剤などの用途分類、商品名 (取り扱い会社名)、化学名、構造式の順に収録した辞典形式の索引書。農薬の製造・販売関係者、病虫害防除で国際協力を行っている専門家、これから農業研究を志す研究者にとって必携書。

お申込みは前金 (現金・振替・小為替) で下記へ

農薬輸出振興会 (郵便番号 103 東京都中央区日本橋室町1の8 日本橋クラブビル内
電話 03-241-0215 番)

本 会 発 行 図 書

昭和51年1月25日よりの郵便料金改訂に伴い、本会発行図書の郵便料金が一部変更になりました。図書には旧郵便料金が印刷されている場合がありますが、お含みおき下さい。

日本の植物防疫 1,500円 送料 200円

日本植物防疫協会 堀 正侃 編・監修
元科学技術庁 石倉秀次
A 5 判 399 ページ 上製本・箱入

日本新農薬物語 4,000円 送料 440円

日本植物防疫協会 堀 正侃 著
A 5 判 622 ページ 上製本・箱入

農薬の科学と応用 6,200円 送料 480円

浅川 勝・岩田俊一・遠藤武雄 編
松中昭一・脇本 哲
A 5 判 847 ページ 上製本・箱入

登録農薬適正使用総覧

昭和 48 年分 8,000円 送料サービス

昭和 49 年分 9,000円 送料サービス

農林省農蚕園芸局植物防疫課 監修
B 5 判 加除式カード形式 表紙付

農 薬 要 覧

B 6 判

1975 年版 540 ページ 2,000円 送料 160円

1974 年版 541 ページ 1,700円 送料 160円

1973 年版 541 ページ 1,400円 送料 160円

1972 年版 520 ページ 1,300円 送料 160円

1971 年版 514 ページ 1,100円 送料 160円

1970 年版 508 ページ 850円 送料 160円

1966 年版 398 ページ 480円 送料 160円

1965 年版 367 ページ 400円 送料 160円

1964 年版 314 ページ 340円 送料 160円

1963, 1967, 1968, 1969 年版は品切絶版

防除機用語辞典 2,000円 送料 120円

用語審議委員会防除機専門部会 編
B 6 判 192 ページ 上製本 カバー付

病害虫発生調査の基準 500円 送料 120円

農林省農蚕園芸局植物防疫課 監修
A 5 判 56 ページ

種馬铃薯技術ハンドブック

500 円 送料 160円

A 5 判 口絵カラー写真 8 ページ
本文 148 ページ

野そ防除必携 900円 送料 120円

野風防除対策委員会 編
A 5 判 104 ページ

永年作物線虫防除基準 70円 送料 60円

新書判 28 ページ

南方定点観測船上の飛来昆虫調査ならびにセジロウソウの異常飛来と発生源に関する記録 180円 送料 120円

B 5 判 36 ページ

アメリカシロヒトリのリーフレット

30円 送料 100円

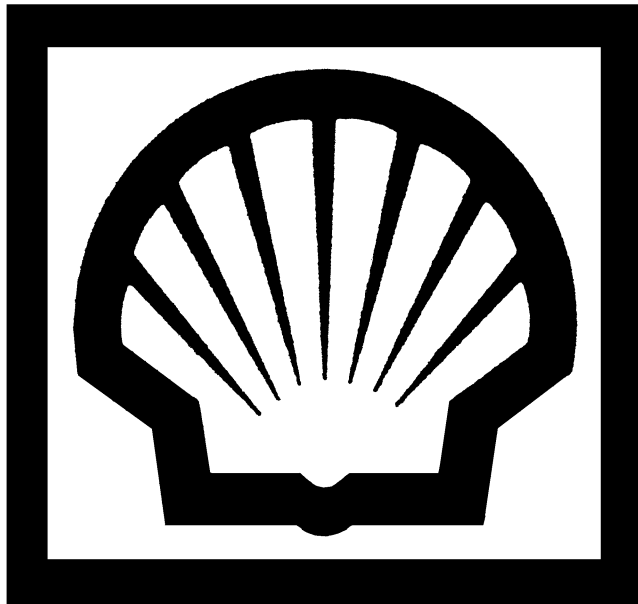
農林省農蚕園芸局植物防疫課 監修
B 5 判 4 ページ(カラー 4 図説明 1 ページ)

アメリカシロヒトリのポスター

200円 送料 100円

B 3 判 写真 2 枚 カラー印刷

お申込みは前金(現金・小為替・振替)で本会へ



シェルの農薬

タバコガ、アメリカシロヒトリに

ガードサイド水和剤

地中害虫に

ビニフェート粉 剤

そ菜畑の除草に

プラナビア水和剤

土壌病害、線虫に

ネマクロペン

シェル化学株式会社

東京都千代田区霞が関 3-2-5 (霞が関ビル)

札幌・名古屋・大阪・福岡

粒状のいもち病防除剤

フジワン[®]粒剤

すぐれた浸透移行性

いもち病防除剤に新農薬フジワンが登場しました。一般名をイソプロチオランといい、昭和43年日本農薬の研究陣の発明による、全く新しい有機化合物です。

イネ体への浸透移行性にすぐれ、根からよく吸収されるので水面施用剤（粒剤）としてきわめて安定した効果を示します。

本田施用はもちろん、育苗箱へも処理することができ、わずかな労力で高い防除効果が得られる薬剤です。

フジワン粒剤の特長

- ① フジワンは、磷も塩素も含まないまったく新しい化合物です。
- ② フジワンは、イネの根からよく吸収され、イネ体内の各部位に移行し、いもち病菌のイネ体内侵入を、1～2ppmという極めて低い濃度で阻止しますから、安定した防除効果を発揮します。
- ③ いもち病菌のイネ体内侵入を阻止するのに必要な濃度は、通常施用後7週間位も持続します。
- ④ 施用適期の幅が広く、穂いもち防除の場合は、出穂30日前から10日前までと約20日間もあります。
- ⑤ 六月に移植する育苗箱に、本田施用より少ない薬量の処理で、苗いもちから本田の葉いもちの防除が可能であり、経済的です。
- ⑥ 人畜に対する毒性は低く、また、安全性の確認に必要な広範囲の厳しい検査にパスしており、安全性は極めて高い薬剤です。
- ⑦ 稲をはじめ、各種作物に薬害の心配がありません。
- ⑧ いもち菌のレースに関係なく、高い効果を示します。

⑨は日本農薬の登録商標です。

使用基準

粒剤 ★10アール当り使用量＝3～5kg

★使用時期＝葉いもち 初発7～10日前

穂いもち 出穂10～30日前

★総使用回数＝3回以内

★使用方法＝湛水散粒

乳剤 ★使用倍数＝1000倍

★使用時期＝収穫45日前まで

★総使用回数＝3回以内

★使用方法＝散布

育苗箱での使い方

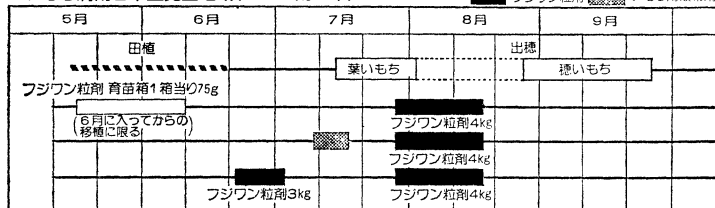
緑化期から硬化初期（播種5～10日目）に1箱当り、フジワン粒剤50～75グラムを散粒し、散粒直後に、粒がよく崩壊するまで上からタツブリと灌水します。灌水による薬剤流亡の心配はありません。また、殺虫剤・殺菌剤との併用や近接施用もさしつかえありません。

＜注 意＞

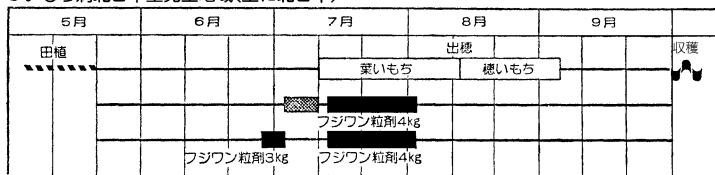
田植が早く、田植後葉いもちの初発までの日数が長い北日本での適用は、目下検討中であり、現在は一応、6月1日以降に移植する機械移植栽培に限定して下さい。

フジワン粒剤によるモデル防除体系

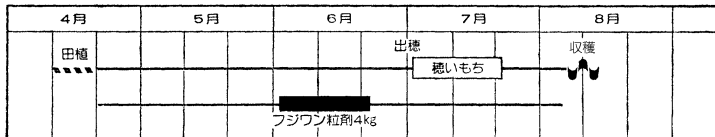
●いもち病南日本型発生地域(主に西南日本)



●いもち病北日本型発生地域(主に北日本)



●早期栽培



日本農薬株式会社

東京都中央区日本橋1丁目2-5

近畿大学教授・平井篤造

神戸大学教授・鈴木直治共編

—第2版出来—

感染の生化学—植物—

A 5 版 474頁

2800円 千200円

前編—糸状菌および細菌病

* 感染 (神戸大学農学部教授・鈴木直治) * 細胞壁と細胞膜 (香川大学農学部教授・谷 利一) * 呼吸 (北海道農業試験場病理昆虫部技官・富山宏平) * 光合成 (農業技術研究所病理昆虫部技官・稲葉忠興) * 蛋白質代謝 (近畿大学農学部教授・平井篤造) * 核酸代謝 (京都大学農学部助教授・獅山慈孝) * フェノール物質の代謝 (東北大学農学部教授・玉利勤治郎) * ファイトアレキシン (島根大学農学部教授・山本昌木) * ホルモン (農業技術研究所生理遺伝部技官・松中昭一) * 毒素 (鳥取大学農学部教授・西村正暘)

後編—ウイルス病

* 感染 (近畿大学農学部教授・平井篤造) * 呼吸 (岩手大学農学部教授・高橋 壮) * 葉緑体 (名古屋大学農学部助手・平井篤志) * 蛋白質代謝 (植物ウイルス研究所研究第1部技官・児玉忠士) * 核酸代謝 (岡山大学農学部助教授・大内成志) * 感染阻害物質 (九州大学農学部助手・佐古宣道)

農 業 技 術 協 会 刊

東 京 都 北 区 西 ケ 原 1-26-3 (〒114)

振替 東京 176531 T E L (910) 3787 (代)



は信頼のマーク



予防に優る防除なし

果樹・そ菜病害防除の基幹薬剤

キノドール[®] 水和剤 40

殺虫・殺ダニ 1剤で数種の剤の効力を併せ持つ

トーラック 乳 剤

宿根草の省力防除に
好評! 粒状除草剤

カソロン 粒 剤 6.7

人畜・作物・天敵・魚に安全
理想のダニ剤

デデオン 乳 剤
水和剤

兼商株式会社

東京都千代田区丸の内2-4-1

昭和五十二年	三月二十五日	印刷	植物防疫	第三十卷第三号
昭和五十二年	三月三十日	發行	(每月一回)	第三十卷第三号
昭和五十二年	三月九日	第三種郵便物認可		

*健苗育成に

タチガレン[®]液剤粉剤

- 常に安定した効果が得られます。
土壌の種類や条件に関係なく、常に安定した効果が得られます。
- 苗立枯病を的確に防ぎます。
立枯病や立枯性腐敗を的確に防ぎます。
- 健苗が得られます。
生活力の旺盛な健苗が得られます。
栽培環境に対する抵抗性がつき、ムレ苗の発生を防ぎ、温度変化にも強くなります。
- 移植後の生育が良くなります。
強い屈起力と発根力で活着を早めます。
- 使いやすい安全な薬剤です。
苗の生育中にも使用でき、人や魚に安全な薬剤です。



三井株式会社

農 業 部 東京中央区銀座 3-10-17
支 店 仙台・名古屋・大阪・広島・高松

***茶・花木・みかん害虫の同時防除に
野菜・たばこの土壌害虫に**

カルボス[®] 乳剤粉

＊しおれ（キュウリ立枯性えき病）防除に

パンソイル® 乳粉 剤

*果樹の諸病害に

サニパー®

* 稲・野菜の総合殺虫剤

エチナトニ[®]粒剤

北海三井株式会社
九州三井株式会社

■資料進呈■

ゆたかな実り 明治の農薬



いもち病の防除に

オリゼ"メート粒剤

野菜・かんきつ・もも・こんにゃく
タバコの細菌性病害防除に

アグレプト水和剤

イネしらはがれ病防除に

フェナジン 水和剤 粉剤

デラウェアの種なしと熟期促進に
野菜の成長促進・早出しに

ジベレリン明治

トマトのかいよう病特效薬

ノボビオシン明治



明治製菓株式会社
東京都中央区京橋2-8

実費 三三〇円 (送料 二九円)

11