

# 線虫の見分け方

## (1) 総論：土壤検診法

元 農業環境技術研究所・線虫小動物研究室長 **にし** **ざわ** **つとむ**  
**西** **澤** **務**

### はじめに

植物生産の現場の線虫問題への行政・指導機関等の対応が希薄化しつつあるかにみえる昨今、本誌の基礎講座の一つとして、“線虫の見分け方”について、およそ一年間の連載が企画された。まことに同慶の至りというべきであろう。

ここでは、その露払いとして、筆者がかかわってきた我が国の線虫対策草分け時代における国内外の事情を背景にシリーズに共通する課題としての土壤検診法の中味について点検・考察することにした。読者諸氏が了とされんことを願うばかりである。

### I 野外における線虫の分布様式と標本抽出法

対象線虫個体群に拘る実態を正しく把握するうえで、普及・防除、検疫、学術的調査など、調査目的に応じてまず最初にサンプリング（標本抽出）が適正に行われることが基本である。

適正なサンプリング計画を立てるためには、対象線虫の分布・生息状況などが、詳しく掌握されていることが望ましい。普通それはミクロな視点（おおむね寄主植物の個体レベルで、主としてその根圏における立体的分布のいかん）と、マクロな視点（一定の広がりを持つ場における水平的分布状態のいかんを中心として）とから検討される。

一般的に、土壤中での線虫の能動的な移動能力は、他の大型動物に比べて無視できる程度と考えられやすい。しかし、例えば、ジャワネコブセンチュウ幼虫の場合、わずか3日間に垂直方向で75 cm、水平方向で50 cmの移動が認められている（PROT, 1976）し、受動的にはさらに大きな移動・分散があるので、分布様式は空間的・時間的に常に変化している。しかしながら、植物寄生性土壤線虫の垂直分布については、根系とくに細根の分布状態と密接に関係していると見られる。一年生作物など

浅根性の寄主であれば、事実上深さ約30 cm位までの、“作土”の範囲の土壤を問題にすればよい。深根性の作物や多くの永年性作物では、それぞれに応じた深層部の土壤調査が、不可欠となる。例えば、ナガイモ圃場でのユミハリセンチュウ対象のサンプリングでは、秋には地表下1 m程度までの調査が欠かせない。

線虫の水平分布については、分散—平均値比が1.0以下の、規則的な分布（正の二項分布）を示す事例は滅多に見られない、と言われてきたが、ある線虫が発生してから年月を経過している連作圃場の場合等特殊な環境条件下では、平均値と分散がほぼ等しいランダム分布（ポアソン分布）が認められる場合が少なくない。

例えば、野外線虫集団の分布様式に関する数理・統計学的検討がまだほとんどなかった時代に、JONES (1955) は、ジャガイモシストセンチュウ等の線虫調査に当たり、そのポアソン分布を重視して対応することの必要性を指摘した。また、圃場内で不均一な集中的分布（負の二項分布）を示すのが普通、と見られてきたダイズシストセンチュウも、連作や大型耕作機械の影響などで、かなり均一分布に近いランダム分布を示す場合が見られる（図-1 参照）。

しかし、一般的には不均一でパッチ状の集中的分布（負の二項分布：分散—平均比が1.0以上）を示す場合が圧倒的に多い、と考えられている。その代表例を図-2 に示した。

様々な作物：線虫の圃場での調査結果から算出された線虫の分散指数としての負の二項分布のk値（この値が大きいほど分散が進んでランダム分布に近づき、値が小さいほど集中分布の程度が高い）は、数多くの調査事例で集中分布する傾向が高いことを示している（McSORLEY, 1987）。

具体的なサンプリング計画はそのような水平分布の一般的パターンを踏まえて立てることになるが、試料数や試料のサイズ（試料当たりのサブサンプル数＝コア数）等は、これまでに提示された主な事例（McSORLEY, 1987）によると、線虫の種や目的および対象面積などによって大きく違っており、標準的なものは見つけにくい。

しかしながら、SOUTHWOOD (1978) は一定の精度を維

Sampling and Extraction Methods for Nematodes Inhabiting Soil. By Tsutomu NISHIZAWA

（キーワード：水平分布、垂直分布、ポアソン分布、二項分布、土壤サンプリング法、線虫分離法）



図-1 被害状況から、ダイズシストセンチュウの規則的分布もしくはランダム分布が予想されるダイズの連作圃場

上：1988年8月，つくば市，農業研究センター試験圃場にて，下：1997年3月，ブラジル国マットグロッソ州の農家圃場にて。

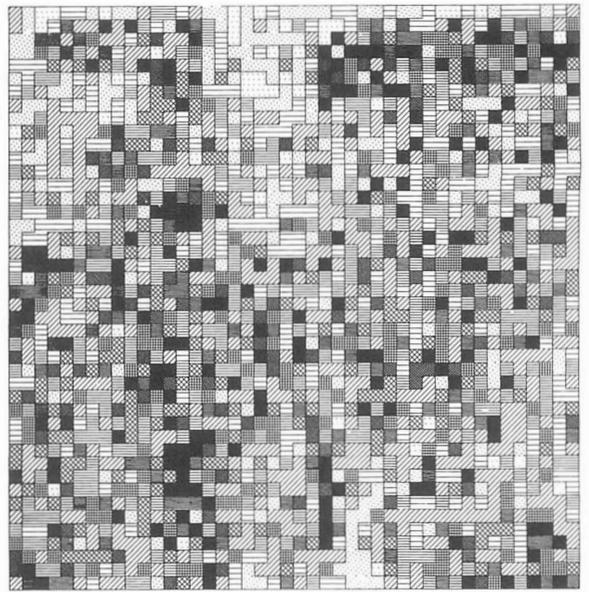


図-2 アレナリアネコブセンチュウのバッチ状分布を示すアルファルファ圃場（一辺264 m，約7 haのカリフォルニア州の農家圃場，6 m×6 mの1,936区画につき，土壌200 gからの検出幼虫数（0～750頭）を10段階に色分けしたもの）（BARKER and CAMPBELL, 1981より）

持するために必要なサンプルサイズを理論的に求めるための次の一般式を提案した。

$$N = (s/E\bar{x})^2$$

ここで、N=サンプル当たりのコア数、E=平均値に対する標準誤差の比率、s=標準偏差、 $\bar{x}$ =平均値。

対象線虫集団について、さきにのべたk値が既知の場合には、この式は次のように変換できる。

$$N = (1/\bar{x} + 1/k)/E^2$$

そして、この式から、図-3に示すような、精度とサンプルサイズの関係図が得られる。

これによると、0.45 ha以上の広い圃場で、ネコブセンチュウの土壌中幼虫密度を±10%以内で推定するために必要なサンプルサイズ（試料当たりのサブサンプル数）は非現実的な大きくなる。したがって、実際には希望する精度を下げるか、対象面積を細分化して、試料数を増やすことになる。

求める精度は調査目的によって異なり、定性的調査では精度は不問であるが、防除にかかわる普及・指導や試

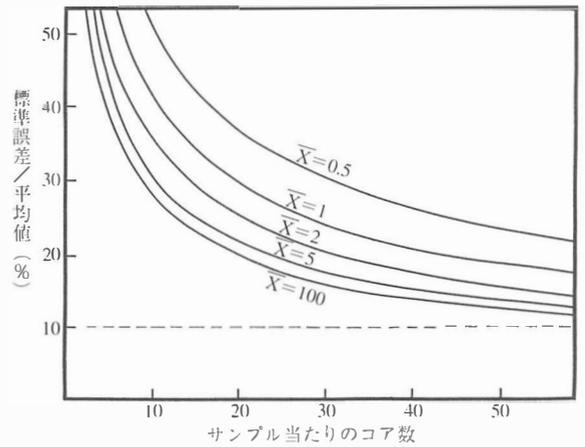


図-3 サツマイモネコブセンチュウ幼虫の平均密度（ $\bar{x}$ =個体数/土10 ml）とサンプル当たりのコア（サブサンプル）数および標準誤差/平均値の関係（プロット面積0.45 ha，k=1.35），（McSORLEY, 1987）

験では±25%程度，生態学的研究には±10%程度，検疫目的ではより高い精度が望ましいとされている（SOUTHWOOD, 1978）。

しかし，線虫分布がおおむね均質といえる土壌からでさえ，低密度の場合には本質的に検出確率が低く（表-1），

抽出誤差が大きい(表-2)ことを念頭におく必要がある。

パッチ状に分布することが多い線虫の調査のサンプリングパターン(調査区域内からのコアサンプルの平面的な採りかた)には、系統抽出法が推奨された(ANSCOMBE, 1950; CHURCH et al., 1959)。しかし、任意抽出、層別任意抽出、および二つの系統抽出の4方法を比較した結果、精度の上から優劣はつけ難かったとする報告(GOODSELL and FERRIS, 1981)もある。

表-1 100 gの土壤標本から線虫を検出し得る確率(JONES, 1955)

平均線虫密度 (圃場/エーカー)*	土 1 kg 中の 線虫数	期待検出数 (100 g)	確 率 (%)	
			1 頭以上 検出	無検出
1×10 <sup>5</sup>	0.1	1/100	1	99
1×10 <sup>6</sup>	1	1/10	10	90
10×10 <sup>6</sup>	10	1	63	37
20×10 <sup>6</sup>	20	2	85	15
30×10 <sup>6</sup>	30	3	95	5
40×10 <sup>6</sup>	40	4	98	2
50×10 <sup>6</sup>	50	5	99	1
60×10 <sup>6</sup>	60	6	99.9	0.1

\*: エーカー当たりの耕土を 1,000 トン=10<sup>9</sup> g とみなす。

表-2 ランダムに分布した線虫集団における抽出誤差の範囲(BARKER, 1985)

試料中の 線虫数 (n)	標準誤差 ( $\sqrt{n}$ )	変異係数 (S. E. %)	95%信頼限界 ( $n \pm 2\sqrt{n}$ )
4	2	50	0 - 8
25	5	20	15 - 35
100	10	10	80 - 120
400	20	5	360 - 440

現状での標準的なサンプリング法の実例として、ジャガイモシストセンチュウについて行われた圃場検診の代表例を表-3に、サンプリングパターンについての

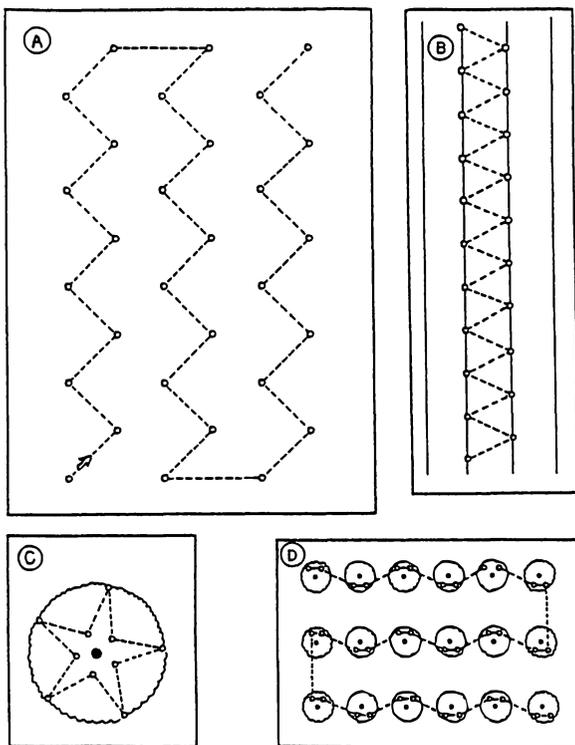


図-4 土壤試料採取要領の提案(BARKER et al., 1978)

A: 1~2 haの圃場から最低20~30コアを採る場合。  
B: 4畦からなる小規模試験区での中央2畦からのサンプリング。  
C: 永年性作物1個体の場合。  
D: 果樹園等でのサンプリング。

表-3 ジャガイモシストセンチュウの圃場検診におけるサンプリング事例

(SPEARS, 1968)

関係地域	英 国 法	オランダ法	USA 法
サンプリング・パターン	ランダム		系統的
調査の 目的	検 疫	0.2 ha まで 25点 0.2~0.8 ha 50点	1 サンプルは 1 ha までとし、 1ha 当たり 50点
	精密検診		0.3 ha 当たり 50点 (うたがわしい場合は一般検疫の 3~10 倍の点数をとる。)
採土の深さ、用具、その他	深さ 15 cm まで、ないし 20 cm まで採土。 直径 3.8 cm の auger 使用。 土壌 250 g × 2 サブ・サンプルについて調査する。	採土には、特殊設計のサンブラーを使用する。 50 点で湿った土壌 250 ml、乾いた土壌 200 ml がえられる。	採土はスプーンのような先のとがったコテを使用する。 8 歩法で土壌は 1.8~2.7 kg となる。

表-4 圃場またはベッドから採るべき必要標本数

(LANGDON, 1963)

圃場またはベッド等の面積 (Ft <sup>2</sup> )	幅 4~6 Ft のときのベッドの長さ (Ft)	概略面積 (エーカー)	サンプル数*	エーカー当たり概略サンプル数
10— 60	3.5— 13		1	
66— 270	13 — 54		2	
270— 700	54 — 140		3	
700— 1,400	140 — 280		4	
1,400— 2,500	280 — 500		5	
2,500— 3,900	500 — 780		6	
3,900— 5,700	780 —1,140	1/10	7	
5,700— 8,000	1,140 —1,600		8	
8,000— 11,000		1/4	9	
18,500— 23,000		1/2	12	
41,000— 49,000		1	16	16
58,000— 66,000		1.5	18	13
76,000— 89,000		2	20	10
126,000—142,000		3	24	8
160,000—176,000		4	26	7
215,000—235,000		5	29	6
420,000—450,000		10	37	3.7
850,000—900,000		20	48	2.4
over 2,000,000		>50	=エーカー数	1

\* : 1 サンプルは 5 プラグを混合したもの。

BARKER et al. (1978) の提案 (APS 方式) を図-4 に示した。またサンプリング計画立案上のユニークな参考資料として、LANGDON (1963) の提案を表-4 に示した。

我が国で、昭和 30 年代に実施された土壌線虫検診事業で採用された“9 点法”は「検診圃場 (10 a 目途) を目測で 9 等分し、各々の中央部から土壌採集用コテで採った合計 200~300 g の土壌を混合し、線虫検出調査に供する」というものであり、偶然にも大筋で LANGDON の提案に符合していた。

採土用の器具については、各国に様々なものがあり、単純なコテを始めとして土壌調査用の検土杖や採土管 (コアサンプラー) 等がよく使われている。欧米では動力採土機が利用される場合もある。

サンプリングの実施に当たって、以上の他に配慮すべき注意点として以下のようなものが挙げられる。

① 作物が畦で栽培されているときは、その畦を基本とした一種の層別抽出をする必要がある (図-4)。その他の圃場諸条件の変化にも対応して、適宜層別抽出を企てる。

② 採土の部位と深度は、それぞれの根圏の範囲を重視して決められるべきである。一般的には 15~20 cm (NORTON, 1978) または 20 cm (BARKER et al. 1978) という表現になるが、当然寄主の種間差による調整や、低温、高温、乾燥時には採土深を深める配慮が必要であ

る。深根性作物の場合は深層部を含めて複数層からの採土が望ましい。幹からの位置としては、概して樹冠外周下 (drip line) がよい、と言える。

③ サンプリングの時期は、ほとんどの線虫で寄主作物の収穫期前後がよい。通常秋~冬期間に密度は漸減し、かつ検出効率も低下しがちであるが、被害予測等のためには春季栽植開始時の密度調査が重要である。防除試験では、少なくとも処理前、処理後の適当な時期および収穫期の 3 回の調査が望ましい。その場合、一区 10 m<sup>2</sup> 以下の試験区では系統的に 5~6 か所から採ったサブサンプルを混合して、区を代表する試料とする程度でよい。オオハリ・ナガハリセンチュウなど、一世代に一年以上を要する線虫では密度は周年ほぼ安定している。

④ 作業中や運搬中に、試料を直射日光や高温にさらしたり乾燥させることのないよう注意する。ただちに線虫分離作業に移れないときは、試料をポリエチレン袋などに納めて保存する。10°C 前後で数週間の保存が可能である。冬期の採集試料については、加温処理で分離線虫数を増加させ得る。試料を減量するときや、分離・抽出作業に入る前に、試料を十分均質化する必要があるが、度が過ぎると線虫に障害を与えることがある。

なお、ここでは内容を引用し得なかったが、サンプリングに関係したそのほかの貴重な総説・論説として、BARKER and NUSBAUM (1971), RICKARD and BARKER

(1982), SOUTHEY (1986), 皆川 (1992), および McSORLEY (1998) などのものがある。

## II 線虫の分離・抽出法の点検

これまでに発表された、土壌や植物体からの分離・抽出法の数は枚挙にいとまがない。しかし、誤差のない絶対的手法も、またすべてに適用可能な単一な手法も存在しない。

それぞれの手法の特徴、精度、効率、経済性などを勘案し、目的や試料に応じて使い分ける必要がある。原理的には線虫自体の動きを利用する方法と、物理的に洗い出す方法とに大別される。

主な手法を網羅して紹介・解説している便利な実験書としては、SOUTHEY (1986) のものと、AYOUB (1980) のものがある。その他の主要な解説や論説として、OOSTENBRINK (1960), SEINHORST (1962), BARKER et al. (1978), RICKARD and BARKER (1982), McSORLEY (1987), FORTUNER (1991), HOOPER and EVANS (1993), McSORLEY (1998) のものなどが、国内向けのものでは一戸 (1959), 線虫研究指針 (農林省, 1960), 一戸・三井 (1975), 西澤 (1986) などがある。

### 1 土壌からの分離

#### (1) ぜん虫形の種・ステージ

##### 1) 直接観察法 (direct observation)

1g以下の極少量の土壌に、水を加えて直接検鏡調査する単純な方法である (STOCKLI, 1943)。MINDERMAN (1956) によって若干改良された。唯一の絶対密度調査法とされるが、土粒による光の乱反射などにより検鏡が著しく妨害されるため、所要時間と労力ならびに計数誤差が問題で、実用性は極めて乏しい。

##### 2) ベルマン漏斗法 (Baermann's funnel method)

線虫の運動性を利用した唯一の分離法である。土壌からの動物寄生性線虫の分離法として考案された (BAERMANN, 1917) が、一般土壌線虫にも応用されるようになった。簡便さや経済性および得られる線虫懸濁液の清澄度等に優れるため、本法は単独で、または他の手法の最終段階に組み合わされて、広く使われている。この様々な変法については、実験書類を参照されたい。

分離効率に関与する諸要因のうち、主な問題点として、

① 分離できる線虫の種類に制限がある。ワセンチュウ類を筆頭とする運動性の鈍いものや、オオハリ・ナガハリセンチュウなどの大型の線虫には不向きである。

② フィルターの性状の相異は分離効率に著差を生じることがある。以前は国際的にモスリン布がよく使われ

てきた。近年はぬれても組織が容易には崩れない性質のティッシュ・ペーパーがよく使われるようになった。アメリカ製のものでは“DM ティッシュ”が抜群に優れている (VIGLIERCHIO and SCHMITT, 1983) し、日本製では“キムワイブ”が推奨できる。

③ フィルターおよび試料を支持するための篩に金属製のものを用いた場合、溶出する重金属イオンが特にドリライムス目の線虫の分離 (運動性) に顕著に悪影響を及ぼすことがある (PITCHER and FLEG, 1968)。プラスチック製のものを使用することが望ましい。

④ 試料量が一定ならフィルターの有効面積が大きいほど分離効率は増大する。逆に同一規格の装置では土壌量の増加に伴って分離効率は低下する (山本, 1970)。

⑤ 供試土壌の含水率いかんが分離効率に大きく影響し (三枝, 1955), pF 値が 2.7 付近のときの含水率 (ほぼ圃場容水量) が至適合含水率と符合する (西澤, 未発表)。

⑥ また、土性により効率に差が見られ、粘土粒子成分が多いと分離効率は低下する (西澤, 未発表)。

⑦ 低温期に採集した試料からの分離効率は概して低い。あらかじめ試料を加温処理することでかなり補正できる (佐野, 1975)。

なお、分離中の温度条件は 25°C 前後、分離期間は 2~3 日が一応の標準と考えられる。

#### 3) ふるい分け法 (wet sieving method)

この手法の詳しい記述は、COBB (1918) の“decanting and sieving”が最初であり、THORNE (1961) も要領や注意点を詳しく解説している。代表的な作業手順は、TOWNSHEND (1962) に詳しい。10~500 メッシュの範囲の色々な目の大きさの篩が必要に応じて選択されて用いられる。最終的な夾雑物除去の段階でベルマン法と組み合わせる方法 (CHRISTIE and PERRY, 1951) は、“クリステイ・ペリー法”または“ふるい分け・ベルマン法 (sieving-Baermann technique)”などと呼ばれ多くの研究者に汎用されている。特にドリライムス目の植物寄生線虫の分離には欠かせない手法である (TOWNSHEND, 1963; FLEGG, 1967)。ネコブ、ミカンネ、ピンセンチュウなど、小型の種・ステージが対象のときは、最終のふるいに“絹篩”か 500 メッシュの篩を使うとよい。

#### 4) 洗い分け法 (elutriation method)

COBB (1924) は一定の流速を与えた洗浄管の中で比重差を利用して線虫を土粒から機械的に洗い分ける手のこんだ複雑な洗浄器 (elutriator) を考案した。オランダでこの洗浄器の改良が OOSTENBRINK (1960) や SEINHORST (1962) により試みられたが、それらは広く普及しな

った。現在欧州で汎用されつつあるのは、イギリス型の装置 (TRUDGILL et al., 1972) である。アメリカには半自動化された装置 (BYRD et al., 1976) もある。設置にスペースと費用が、また操作に熟練が必要であり、広く普及しにくい面がある。

#### 5) 遠心浮遊法 (centrifugal flotation method)

比重液を使う遠心分離法で、当初は少量の土壤が直接この方法で処理され、検出効率が抜群に高く、死亡個体や線虫卵も分離できるユニークな方法としてデビューした (CAVENESS and JENSEN, 1955)。しかしその後はあらかじめ多量の土壤をふるい分け法や洗い分け法で処理した後に本法を適用する変法 (JENKINS, 1964; BYRD et al., 1976) が広く使われている。比重液の比重は、通常 1.18 (1.10~1.23) とし、溶質には蔗糖、ハイポ、硫酸マグネシウム等が使われる。高浸透圧によって線虫体が損傷する場合もあるため、分離操作終了後速やかに淡水中に戻すようにする。本法は採土してから最も短時間内に検鏡できる迅速性も一つの特徴であり、大型の線虫には不向きな面があるものの、概して分離効率が高く、特にワセンチュウ類の調査には不可欠の方法である。高木 (1970) が考案した一変法 “二層遠心浮遊法” も国内で広く使われている。比重液に土壤コロイド凝集剤 (パラセン等) を加用することで、遠心分離操作を省略できる。 “flotation-sieving technique” (BYRD et al., 1966) もある。

#### (2) シスト

シストは風乾すると土粒より軽くなるので、洗浄法の原理を応用したフェンウィック缶 (FENWICK, 1940) 等を用いて洗い分ける。重いシストを効率よく分離するために、比重液を使う方法もある (CURTIS, 1962)。風乾によるシスト内の卵・幼虫の活性低下を防ぐには、ふるい分け一遠心浮遊法 (DUNN, 1969; 清水, 1978) がよい。檢疫目的などで大量の土壤を処理する必要があるときは、GREEN and PARROTT (1967) の装置が便利である。

#### (3) 卵・卵塊

主としてネコブセンチュウを対象に、遠心浮遊法 (GOORIS and D'HERDE, 1972) や、ふるい分け法 (DICKSON and STRUBLE, 1965) および洗い分け法 (BYRD et al., 1972) 等の応用操作が試みられてはいるが、卵の定量的分離・同定には色々多くの問題が残されている。このため、卵に限らず検出限界以下の低密度のときの検診や、卵を中心とした特定の種またはレースの加害ポテンシャルの測定には、それぞれの好適寄主植物を用いる生物検定が最も実際的である。

## 2 植物体からの分離

### (1) ぜん虫形ステージ

試料を適宜の大きさに切断するもの、植物組織片をそのまま供試する方法として、通常のパルマン漏斗法、その原理を応用しながら “mistifier” を使うことでより合理的・効率的なものに改善されたミスト法 (Seinhorst, 1950), YOUNG (1954) によって始められ、その後様々な変法が提案され応用されている保温遊出法 (incubation method) などがある。

より定量的な方法として、一定量の組織をブレンダーで破碎した後に、パルマン装置にかける “maceration-filtration technique” (STEMERDING, 1964) や、遠心浮遊法と組み合わせた “maceration-centrifugation technique” (COOLEN and D'HERDE, 1972) などがある。

### (2) 定着ステージ

植物組織を透化し、線虫を染め分けて検鏡する各種の染色法がある。最も広く使われているものに、酸性フクシン・ラクトフェノール法 (McBETH et al., 1941) とその改良法 (BYRD et al., 1983) がある。植物組織をブレンダーで磨砕した後遠心分離する “maceration-centrifugation” や、磨砕後ふるいにかける “maceration-sieving”, あるいは酵素的に植物組織を溶解して線虫を取り出す “enzymatic maceration technique” (HUSSEY, 1971; GODOY and RODRIGUEZ-KABABA, 1983) などもある。

## おわりに

土壤線虫は、事実上肉眼では認知できないが、それへの対応には個体レベルの取り扱いが求められるため、生態学的試験研究は常に間接的に、つまり、それぞれに誤差を伴うサンプリングとサンプルからの分離・抽出という、二重の障壁を経て行われている。

そうしたハンディキャップのためか、第二次大戦後に急速に発展を遂げてはきたものの、姉妹関係の応用昆虫学や植物病理学領域に比べて、今なお遅れを認めざるを得ない側面がある。しかし、植物生産との関連における線虫研究の重要性は、それらに優るとも劣るものではなく、斯学分野が抱えている諸問題について、その解決に向けた真摯な対応が期待されるところである。

サンプリングに関しては、数理・統計学的検討の深化が望まれる。また、分離・抽出法に関しては、まさに “バベルの塔” に似た姿とさえ言われ (McSORLEY, 1987), 国や個人別に採用する手法に過度な主観や主張が見られ、手法自体とともにデータの信頼性や普遍性を乏しくしてきた側面がある。主要な手法ごとに客観的に精細な比較検討が進められ、それぞれ一層進化した統一

的な新手法が構築されることを期待したい。

## 引用文献

- 1) ANSCOMBE, F. J. (1950) : Ann. appl. Biol. 37: 286~295.
- 2) AYOUB, S. M. (1980) : Plant nematology-An agricultural training aid, NemaAid, Sacramento, 195 pp.
- 3) BAERMANN, G. (1917) : Geneesk. Tijdschr. Ned.-Ind. 57: 131~137.
- 4) BARKER, K. R. (1985) : An advanced treatise on Meloidogyne, Vol. 2, NC State Univ, Graphics, Raleigh, pp. 3~17.
- 5) ——— and C. L. CAMPBELL (1981) : Plant parasitic nematodes, Vol. 3, AP, New York, pp. 451~474.
- 6) ——— and C. J. NUSBAUM (1971) : Plant parasitic nematodes, Vol. 1, AP, New York, pp. 281~301.
- 7) ——— et al. (1978) : Methods for evaluating plant fungicides, nematocides, and bactericides, APS/SN, St. Paul, Minnesota, pp. 114~125.
- 8) BYRD, D. W. et al. (1966) : Pl. Dis. Repr. 50: 954~957.
- 9) ——— et al. (1972) : J. Nematol. 4: 266~269.
- 10) ——— et al. (1976) : ibid. 8: 206~212.
- 11) ——— et al. (1983) : ibid. 15: 142~143.
- 12) CAVENESS, F. E. and J. Jensen (1955) : Proc. helm. Soc. Wash. 22: 87~99.
- 13) CHRISTIE, J. R. and V. G. PERRY (1951) : ibid. 18: 106~108.
- 14) CHRUCH, B. M. et al. (1959) : Pl. Path. 8: 146~151.
- 15) COBB, N. A. (1918) : USDA Agri. Tech., Circular 1, 48 pp.
- 16) ——— (1924) : J. Parsit. 11: 103~105.
- 17) COOLEN, W. A. and C. J. D'HERDE (1972) : A method for the quantitative extraction of nemaodes from plant tissue, Ghent St. Agric. Res. Centre, 77 pp.
- 18) CURTIS, G. J. (1962) : Nematologica 7: 25~31.
- 19) DICKSON, D. W. and F. B. STRUBLE (1965) : Phytopath. 55: 497.
- 20) DUNN, R. A. (1969) : J. Nematol. 1: 7.
- 21) FENWICK, D. W. (1940) : J. Helminth. 18: 155~172.
- 22) FLEGG, J. J. M. (1967) : Ann. appl. Biol. 60: 429~437.
- 23) FORTUNER, R. (1991) : Manual of agricultural nematology, Marcel Dekker Inc. New York, pp. 75~87.
- 24) GODOY, G. and R. RODRIGUEZ-KABANA (1983) : Nematropica 13: 75~78.
- 25) GOODELL, P. B. and H. FERRIS (1981) : J. Nematol. 13: 304~313.
- 26) GOORIS, J. and C. J. D'HERDE (1972) : A method for the quantitative extraction of eggs and second stage juveniles of Meloidogyne spp. from soil, Ghent St. Agric. Res. Centre, 36 pp.
- 27) GREEN, C. D. and D. M. PARROT (1967) : Nematologica 12: 601~609.
- 28) HOOPER, D. J. and K. EVANS (1993) : Plant parasitic nematodes in temperate agriculture, CAB Internal. Cambridge, pp. 1~59.
- 29) HUSSEY, R. S. (1971) : J. Nematol. 3: 99~100.
- 30) 一戸 稔 (1959) : 昆虫実験法, 日植防, 東京, pp. 491~520.
- 31) ———・三井 康 (1975) : 土壤微生物実験法, 養賢堂, 東京, pp. 137~173.
- 32) JENKINS, W. R. (1964) : Plant Dis. Repr. 48: 692.
- 33) JONES, F. G. W. (1955) : Ann. appl. Biol. 42: 372~381.
- 34) LANGDON, K. R. (1963) : Form N-50, Div. Pl. Ind., Fla. Dep. Agric., 4 pp.
- 35) MCBETH, C. W. et al. (1941) : Proc. helm. Soc. Wash. 8: 26.
- 36) MCSORLEY, R. (1987) : Principles and practice of nematode control in crops, AP, London, pp. 13~47.
- 37) ——— (1998) : Plant and nematode interactions, ASA-CSSA, Madison, pp. 109~133.
- 38) 皆川 望 (1992) : 線虫研究の歩み, 日線虫研, つくば市, pp. 87~92.
- 39) MINDERMAN, G. (1956) : Nematologica 1: 216~226.
- 40) 西澤 務 (1986) : 土壤標準分析・測定法, 博友社, 東京, pp. 320~326.
- 41) 農林省振興局 (1959) : 土壤線虫対策実施要綱, (謄写), 45 pp
- 42) ——— (1960) : 線虫研究指針, 110 pp.
- 43) NORTON, D. C. (1978) : Ecology of plant-parasitic nematodes, John Wiley, New York, 268 pp.
- 44) OOSTENBRINK, M. (1960) : Nematology, Univ. NC Press, Chapel Hill, pp. 85~102.
- 45) PITCHER, R. S. and J. J. M. FLEGG (1968) : Nematologica 14: 123~127.
- 46) PROT, J. C. (1976) : Cah. ORSTOM, Ser. Biol. 11: 157~166.
- 47) RICKARD, D. A. and K. R. BARKER (1982) : Nematology in the southern region of the United States, Southern Coop. Series, Bulletin 276, pp. 8~20.
- 48) 三枝敏郎 (1955) : 植物防疫 9(12) : 19~21.
- 49) 佐野善一 (1975) : 日線虫研誌 5: 41~47.
- 50) SEINHORST, J. W. (1950) : Tijdschr. PIZiekt. 56: 289~348.
- 51) ——— (1962) : Poggess in soil zoology, Butterworths, London, pp. 243~256.
- 52) 清水 啓 (1978) : 日線虫研誌 8: 20~23.
- 53) SOUTHEY, J. F. (1986) : Laboratory methods for work with plant and soil nematodes, HMSO, London, 202 pp.
- 54) SOUTHWOOD, T. R. E. (1978) : Ecological methods with particular reference to the study of insect populations, Univ. Printing House, Cambridge, 524 pp.
- 55) SPEARS, J. F. (1968) : USDA Agric. Handbook No. 353, 81 pp.
- 56) STEMERDING, S. (1964) : Versl. PIZiekt. Dienst 141: 170~175.
- 57) STOCKLI, A. (1943) : Ber. schweiz. bot. Ges. 53A: 160~174.
- 58) 高木一夫 (1970) : 応動昆 14: 108~110.
- 59) THORNE, G. (1961) : Principles of nematology, McGraw-Hill, New York, 553 pp.
- 60) TOWNSHEND, J. L. (1962) : Nematologica 8: 293~300.
- 61) ——— (1963) : ibid. 9: 106~110.
- 62) TRUDGILL, D. L. et al. (1972) : ibid. 18: 469~475.
- 63) VIGLIERCHIO, D. R. and R. V. SCHMITT (1983) : J. Nematol. 15: 438~444.
- 64) 山本敏夫 (1970) : 三重農試研報 5: 29~40.
- 65) YOUNG, T. W. (1954) : Plant Dis. Repr. 38: 794~795.

(21 ページから続き)

ウ・コブノメイガ・カメムシ類: 21 日前: 3 回

ベルメトリン・テトラコナゾール液剤

ガーデンガード AL (20858 : 北興化学) 20020716

ベルメトリン 0.010%

テトラコナゾール 0.0050%

トマト: 葉かび病, きゅうり: うどんこ病, きく: アブラムシ類

## 「除草剤」

クミロン水和剤

マックワンフロアブル (20861 : 丸紅) 020730

クミロン 45%

西洋芝 (ベントグラス, ブルーグラス): スズメノカタビ

ラ: 芝生育期 (雑草発生前): 2 回